



**Departamento de Ingeniería Agroforestal
Escuela Politécnica Superior
Universidad de Santiago de Compostela**

Tesis Doctoral

**EL CAMBIO CLIMÁTICO COMO ESCENARIO EN LA
GESTIÓN DE LOS RECURSOS FORESTALES:
CAMBIO EN EL USO DEL SUELO, ALMACENES DE
CARBONO Y ACCIONES DE MITIGACIÓN EN UNA
COMUNIDAD DEL PARQUE NACIONAL COFRE DE
PEROTE, VERACRUZ, MÉXICO**

María Del Rosario Pineda López

Lugo, julio de 2011



**Departamento de Ingeniería Agroforestal
Escuela Politécnica Superior
Universidad de Santiago de Compostela**

Tesis Doctoral

**EL CAMBIO CLIMÁTICO COMO ESCENARIO EN LA
GESTIÓN DE LOS RECURSOS FORESTALES: CAMBIO
EN EL USO DEL SUELO, ALMACENES DE CARBONO Y
ACCIONES DE MITIGACIÓN EN UNA COMUNIDAD DEL
PARQUE NACIONAL COFRE DE PEROTE, VERACRUZ,
MÉXICO**

María Del Rosario Pineda López

Lugo, julio de 2011



**Departamento de Ingeniería Agroforestal
Escuela Politécnica Superior
Universidad de Santiago de Compostela**

**EL CAMBIO CLIMÁTICO COMO ESCENARIO EN LA
GESTIÓN DE LOS RECURSOS FORESTALES: CAMBIO
EN EL USO DEL SUELO, ALMACENES DE CARBONO Y
ACCIONES DE MITIGACIÓN EN UNA COMUNIDAD DEL
PARQUE NACIONAL COFRE DE PEROTE, VERACRUZ,
MÉXICO**

Memoria para optar al grado de Doctora realizada bajo la dirección del Profesor
del Departamento de Ingeniería Agroforestal de la Universidad de Santiago de
Compostela Dr. Alberto Rojo Alboreca

La autora:

VºBº
El director de la Tesis

Dña. María del Rosario Pineda López
Licenciada en Biología

D. Alberto Rojo Alboreca
Dr. Ingeniero de Montes

Lugo, julio de 2011



**Departamento de Ingeniería Agroforestal
Escuela Politécnica Superior
Universidad de Santiago de Compostela**

El **Dr. Alberto Rojo Alboreca**, Profesor Titular del Departamento de Ingeniería Agroforestal de la Universidad de Santiago de Compostela, **informa:**

Que la memoria titulada **“El cambio climático como escenario en la gestión de los recursos forestales: Cambio en el uso del suelo, almacenes de carbono y acciones de mitigación en una comunidad del Parque Nacional Cofre de Perote, Veracruz, México”**, que para obtener el grado de Doctora presenta **Dña. María Del Rosario Pineda López**, ha sido realizado bajo mi dirección. Considerando que el trabajo está finalizado y es materia de tesis, autorizo su presentación.

Y para que así conste a los efectos oportunos, firmo la presente en Lugo a 8 de julio de 2011.

Dr. Alberto Rojo Alboreca

Dedicatoria

Esta parte representa una oportunidad para dejar patente y constancia escrita de mi sentir, por que jamás pensé que podía a estas alturas de mi vida lograrlo. Sin embargo, al ponerme a escribir estas líneas me he dado cuenta de lo afortunada que he sido a lo largo de mi vida. Así que quisiera dedicar este humilde esfuerzo a quienes me han motivado para lograrlo:

A mis hijas... Lorena y Frida, quienes constituyen mi razón de ser, mi centro vital, mi inspiración, mi alegría constante y permanente, quienes son capaces de alejarme de la tristeza, quienes me hacen sentir que puedo continuar mi camino por la vida todavía por mucho tiempo, quienes me dan la esperanza de que este mundo será mejor, y por quienes me siento tan agradecida con Dios de ser su madre.

Al único y gran amor de mi vida... Lázaro (Rafa), quien desde hace mas de 30 años ha estado a mi lado y quien cree en mi más de lo que yo misma pudiera creer. Quien me hace sentir importante y amada, quien me motiva a superarme cada día y por que con su apoyo como Padre de mis hijas, como mi esposo, pero también como compañero de trabajo en la academia, pude iniciar y concluir esta etapa tan importante para mi en lo personal y lo profesional... gracias mi amor.

A Mama Lolita (†)... por su gran amor, y por que sé que desde el cielo ha estado, está y seguirá estando a mi lado acompañando mi camino, por que junto con mi madre me inculcó que como mujeres debemos prepararnos para la vida, y la vida implica la superación constante.

A mis Padres... Ricardo Pineda Escobar y Belén López de Pineda, por su amor incomparable, por que se que en cada paso de mi vida han estado siempre presentes, por que sus oraciones y bendiciones son necesarias en mi vida... los adoro.

A mis hermanos... Alejandra, Martín y Lety Pineda López, a quienes amo profundamente, gracias por estar siempre conmigo y por que sabemos que no existen barreras geográficas o de cualquier tipo que puedan distanciarnos NUNCA!!!!... gracias por hacerme sentir tan querida.

Al Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (INBIOTECA) de la Universidad Veracruzana en México, por que ha representado para mi una segunda oportunidad de desarrollo profesional, por que es y será una parte importante en mi vida y por que constituye el sueño realizado que alguna vez Lázaro y yo tuvimos hace poco mas de 11 años. A todos sus académicos, de quienes puedo decir con orgullo son ¡¡¡amigos todos!!!.

A mi País México!!!!, y por mi País!!!!....por que ser mexicana es para mí un inmenso orgullo, pero también una gran responsabilidad... por que quisiera poner en alto su nombre dentro y fuera de nuestras fronteras... por que espero

que el día de mañana sea un mejor país, por mis hijas, para mis hijas y sus futuras familias.

Agradecimientos

*"Cada trecho recorrido enriquece al peregrino
Y lo acerca un poco más a hacer realidad sus sueños"*
Paulo Coelho

México

A la Dra. Yareni Perroni Ventura, por darme la confianza, por su apoyo desinteresado para poder concluir con la tesis y por sus valiosas aportaciones al trabajo, y lo más importante, por darme la oportunidad de encontrar en ella a una gran amiga.

A Guillermo Vázquez, hoy colaborador, antes estudiante, quien con su profesionalismo, paciencia, disposición incondicional e iniciativa apoyó en las actividades de campo y análisis. Gracias "mijo".

A Suria Vázquez, Rogelio Lara, Rafael Ortega, estudiantes en principio colaboradores hoy, quienes con su entusiasmo, disposición e iniciativa apoyaron las actividades de campo y siempre estuvieron dispuestos a trabajar sin objeción alguna. ¡¡¡¡Gracias muchachos!!!!

España

*"Cada treito percorrido enriquece ao peregrino
e o acerca un pouco máis a facer realidade os seus sonos"*
Paulo Coelho

Concluir con el doctorado representó una maravillosa experiencia a nivel personal, porque me dió la oportunidad de conocer una nueva cultura, un nuevo país y encontrar nuevas amistades en una maravillosa región... Galicia.

Al Dr. Alberto Rojo Alboreca por haber creído en mi, por su confianza incondicional, su apoyo sin límites, su paciencia, su enseñanza y por sus importantes aportaciones al trabajo. Pero sobre todo por haberme brindado la oportunidad de poder concluir con una meta importante en mi vida profesional.

A la Dra. Almudena Pérez Antelo, de quien recibí un importante apoyo en todas mis estancias, y que con su orientación pude recorrer adecuadamente el sinuoso camino de la administración universitaria, así como por su valioso apoyo en la edición del documento final.

A unos ángeles que me cobijaron, Sonia Ivonne Pulido Sierra, Vasco André Barbosa Brandaõ (Portugal) y Andrea Hevia Cabal, quienes hicieron que la lejanía familiar se sintiera menos con su cariño y constantes atenciones, gracias. Jamás los olvidaré y siempre los llevaré en mi corazón.

Al maravilloso grupo, estudiantes y profesores, de la Unidad de Gestión Forestal Sostenible, quienes se convirtieron en un importante apoyo personal y logístico, dispuestos a apoyarme en lo que necesitara, convirtiéndose en personas importantes durante mis frecuentes estancias en España: Fernando

Pérez Rodríguez, quien siempre está dispuesto y resuelve cualquier inconveniente, ya sea técnico o logístico... Dr. Juan Gabriel Álvarez González, Dr. Felipe Crecente Campo, Eva Paula Roca Posada, Esteban Gómez García, Iban Gómez Vázquez, Lucía Rego Vázquez, Pablo López Abelenda, Horacio Ferradás García, Cesar Pérez Cruzado... por quienes escuché por primera vez la gaita y supe que el pulpo era un manjar... ¡¡¡¡Gracias muchachos¡¡¡¡

ÍNDICE

Resumen	1
Abstract	4
CAPÍTULO 1. JUSTIFICACIÓN, OBJETIVOS Y ANTECEDENTES	1
1.1 Justificación y objetivos	1
1.2. Antecedentes	3
1.2.1. Cambio climático y gestión forestal.....	3
1.2.1.2. El escenario en México	6
1.2.1.2.1. México: emisiones y acciones de mitigación.....	9
1.2.2. Los bosques nacionales.....	15
1.2.2.1. Deforestación	15
1.2.2.2. Las 60 montañas prioritarias para México	17
1.2.2.2.1. El medio físico y social.....	20
1.2.3. El cambio en el uso del suelo	22
1.2.3.1. El concepto REDD+	24
1.2.4. La conservación de la biodiversidad en México	28
1.2.4.1. El Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP) de México	28
1.2.4.2. Los Parques Nacionales en México	31
1.2.5. Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) frente al escenario del cambio climático	33
1.2.6. El contexto social en las acciones de conservación de bosques	36
1.2.6.1. La propuesta REDD+ desde la óptica de la tenencia de la tierra de los bosques y su gente.....	39
1.2.7. El Programa Veracruzano ante el cambio climático (PVCC)	41
1.2.7.1. Emisiones de GEI para Veracruz	42
1.2.7.2. Variabilidad del clima en el territorio veracruzano	43
1.2.7.3. Escenarios climáticos	46
1.2.7.4. Vulnerabilidad de la biodiversidad	47
1.2.7.5. Los bosques de Veracruz frente al cambio climático.....	49
1.2.7.5.1. Causas del deterioro forestal	52
1.2.7.5.2. La tenencia de la tierra en Veracruz	53
1.2.7.5.3. El manejo de los bosques	54
1.2.7.5.4. El potencial de los bosques como insumo energético	57
1.2.8. Los bosques en el estado de Veracruz	58
1.2.8.1. El bosque de <i>Abies religiosa</i>	60
1.2.9. Las ANP de Veracruz.....	61
1.2.9.1. El Parque Nacional Cofre de Perote (PNCP)	64
1.2.9.1.1. La comunidad de El Conejo	67
1.3. Bibliografía.....	69
CAPÍTULO 2. CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO: DOS CASOS DE ESTUDIO	85
2.1. Resumen	85
2.2. Introducción.....	85
2.3. Primer caso de estudio: Dinámica del paisaje en el Parque Nacional Cofre de Perote durante el período 1995-2004.....	88
2.3.1. Objetivo	88

2.3.2. Materiales y métodos	88
2.3.2.1. Generación de cartografía	88
2.3.2.2. Análisis de la información	89
2.3.3. Resultados	89
2.3.3.1. Uso del suelo y vegetación en el año de 1995.....	89
2.3.3.3. Uso del suelo y vegetación en el año de 2004.....	92
2.3.3.4. Cambios de uso del suelo y vegetación del año de 1995 a 2004	94
2.3.3.5. Agricultura.....	94
2.3.3.6. Asentamientos humanos	94
2.3.3.6. Bosque abierto.....	95
2.3.3.7. Bosque abierto con agricultura	95
2.3.3.8. Bosque abierto con pastizal	95
2.3.3.9. Bosque cerrado.....	95
2.3.3.10. Cuerpo de agua	96
2.3.3.11. Pastizal	96
2.3.3.12. Sin vegetación	96
2.3.4. Discusión.....	98
2.4. Segundo caso de estudio: Cambios en el uso del suelo del ejido El Conejo durante el período 1995-2005.....	100
2.4.1. Objetivo	100
2.4.2. Materiales y métodos	101
2.4.2.1. Fotointerpretación	101
2.4.2.2. Mapa de vegetación y uso del suelo (año 1995).....	101
2.4.2.3. Mapa de vegetación y uso del suelo (año 2005).....	102
2.4.2.4. Mapa de cambio de uso del suelo y vegetación en el período 1995-2005.....	102
2.4.3. Resultados	103
2.4.4. Discusión.....	108
2.5. Bibliografía	110
CAPÍTULO 3. DINÁMICA DEL CARBONO EN UN BOSQUE DE Abies religiosa EN EL EJIDO EL CONEJO	114
3.1. Resumen.....	114
3.2. Introducción	115
3.3. Almacenes de carbono en biomasa aérea de arbolado en pie	118
3.3.1. Objetivo	118
3.3.2. Materiales y métodos	118
3.3.3. Resultados	122
3.3.4. Discusión.....	126
3.4. Almacenes de carbono en ramas producto de podas de prevención de incendios	128
3.4.1. Objetivo	128
3.4.2. Materiales y métodos	128
3.4.3. Resultados	129
3.4.4. Discusión.....	132
3.5. Balance de carbono en suelos	133
3.5.1. Objetivos	133
3.5.2. Materiales y métodos	134
3.5.2.1. Caracterización del arbolado	135
3.5.2.2. Nutrientes en el suelo y tasa de transformación de C.....	136

3.5.2.3. Análisis estadísticos	137
3.5.2.3.1. Almacenes de carbono en biomasa aérea del arbolado en pie	137
3.5.2.3.2. Balance de C en el suelo y su relación con la vegetación y otros nutrimentos	137
3.5.3. Resultados	137
3.5.3.1. Caracterización del arbolado	137
3.5.3.2. Nutrimentos en el suelo y tasa de transformación de C	141
3.5. Bibliografía	152
CAPÍTULO 4. ACCIONES DE MITIGACIÓN A NIVEL LOCAL EN EL EJIDO EL CONEJO	158
4.1. Resumen	158
4.2. Introducción	159
4.2.1. Objetivos	161
4.3. Material y métodos	161
4.3.1. Colecta de ramas	161
4.3.2. Capacitación	163
4.3.3. Perfil socioeconómico del Comité de Mujeres unidas para la conservación de los bosques del ejido El Conejo, Mpio. de Perote	163
4.3.4. Tiempos invertidos en la colecta y elaboración de coronas	164
4.4. Resultados	164
4.4.1. Podas y bosques	164
4.4.2. Perfil socioeconómico	166
4.4.3. Tiempos invertidos en la colecta y elaboración de coronas	169
4.4.4. Venta de coronas	170
4.5. Discusión	172
4.6. Bibliografía	176
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN CONJUNTA Y CONCLUSIONES	181
5.1 Bibliografía	185
ANEXO 1	191

Resumen

A lo largo de 5 años en el INBIOTECA-UV se han venido desarrollando estudios en el Parque Nacional Cofre de Perote (PNCP), que representa una montaña importante para el centro del Estado de Veracruz (México) por su importancia en el abastecimiento de agua, y que históricamente ha sido aprovechada para actividades agrícolas, pecuarias, forestales, urbanas e industriales. Sin embargo, también guarda importancia por los recursos naturales que alberga, entre ellos el bosque de *Abies religiosa*.

En el presente documento de tesis se presentan como Capítulo 1 los objetivos, justificación y antecedentes, estos como el marco teórico de los estudios realizados, que abordan temas sobre el cambio climático y sobre cómo México está contribuyendo a éste a través de sus emisiones, pero también sobre cuáles son las políticas públicas que ha implementado y la estructura de gobierno que tiene para aplicarlas. Se aborda el tema de los bosques nacionales en torno a la problemática de la deforestación; el esquema nacional de las 60 montañas prioritarias (Programa Sustentable de Ecosistemas de Montaña de la CONAFOR¹), en donde se describe el medio físico y social de las principales montañas del país; y el cambio en el uso del suelo y el concepto REDD+. También se analiza el tema de la conservación de la biodiversidad en México a partir del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP) y se enfatiza la información sobre los Parques Nacionales, así como el papel que las Áreas Naturales Protegidas (ANP) guardan frente al cambio climático. Un tema importante descrito, es el contexto social en las acciones de conservación de los bosques, considerando que México va a la vanguardia en torno al manejo comunitario de los bosques, y la propuesta REDD+ desde la óptica de la tenencia de la tierra de los bosques y su gente.

Como segundo nivel del marco teórico, se introduce la iniciativa que el Estado de Veracruz elaboró en 2008 denominada “Programa Veracruzano ante el Cambio Climático” (PVCC), como parte de la estrategia nacional en donde estos programas representan los instrumentos de apoyo para los gobiernos estatales en el diseño de políticas públicas y acciones en materia de cambio climático. Dentro de este contexto se abordan los temas sobre: emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del Estado de Veracruz; la variabilidad del clima en el territorio veracruzano; los escenarios proyectados; la vulnerabilidad de la biodiversidad; los bosques del estado veracruzano frente al cambio

¹ Comisión Nacional Forestal. Institución del Gobierno Federal en México responsable de las políticas públicas en materia de bosques.

climático; las causas del deterioro forestal: la tenencia de la tierra en Veracruz; el manejo de sus bosques y el potencial de éstos como insumo energético. Posteriormente se señalan los diferentes tipos de vegetación que existen en el Estado, entre ellos el bosque de *Abies religiosa*, y se concluye con las ANP del Estado, el Parque Nacional Cofre de Perote (PNCP) y el ejido El Conejo, cerrando el capítulo con las preguntas que se pretenden responder con el trabajo de la presente tesis doctoral.

En el Capítulo 2 se plantea el estudio de la dinámica del paisaje a nivel regional en el Parque Nacional Cofre de Perote (PNCP) y a nivel local en el ejido El Conejo, durante un período de 9 y 10 años respectivamente. En cada caso se identificaron los diferentes tipos de uso de suelo y vegetación, el cambio observado en los períodos considerados y se estimaron las probabilidades de cambio a partir de las modificaciones que se presentaron en el uso de suelo. Se discute, con base a los resultados obtenidos, que la categoría de Parque Nacional finalmente no está garantizando la conservación de los recursos naturales presentes en la zona. Se sugiere, a manera de propuesta, adoptar el esquema de manejo comunitario en parques en donde existan bosques templados, como una alternativa de manejo sustentable de los bosques y para mejorar las condiciones de vida de sus pobladores, que no tienen más recurso que el propio bosque que poseen.

Como Capítulo 3 se desarrollaron estudios relacionados sobre los almacenes de carbono en biomasa aérea para el bosque de oyamel (*Abies religiosa*) en el ejido El Conejo, en los residuos de podas de prevención de incendios, y se estudió el balance de carbono en los suelos a partir de un gradiente altitudinal. Se caracterizó la estructura del bosque y se estimó el contenido de carbono (biomasa aérea) de todos los fragmentos de *Abies religiosa* presentes en el ejido, encontrando que el almacén de carbono que contienen es superior a lo reportado para la misma especie en otras partes del país. Sin embargo, en el caso de los residuos de poda el contenido apenas sobrepasa una tonelada de carbono. El balance de carbono en suelos reflejó que la dinámica del carbono en el bosque parece tener una fuerte influencia de la vegetación, específicamente de la especie dominante, mediante mecanismos de producción de materia orgánica asimilable. La altitud parece influir en nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, pero sin embargo su influencia no es clara para el ciclo de carbono.

En el capítulo 4 se presenta un estudio desde la perspectiva de género, a partir del trabajo del “Comité de Mujeres Unidas para la Conservación de los Bosques” del ejido El Conejo que son quienes aplican las podas de prevención

de incendios y, a partir de los residuos de dichas podas, en la época decembrina elaboran un producto forestal no maderable (coronas navideñas). Este producto ha sido pionero en la región y representa una alternativa económica para las familias de estas mujeres en una época crítica del año. Por otro lado, representa una actividad altamente rentable en términos de costo-beneficio, pero lo más importante es que esta actividad de venta de un producto forestal no maderable está vinculada con acciones de conservación del bosque a partir de las podas de prevención de incendios.

Finalmente se presenta una discusión conjunta, a partir de lo más relevante de cada uno de los capítulos. Se señala que la importancia de los bosques templados, desde la perspectiva del cambio climático, radica en los significativos reservorios de carbono que contienen en los compartimentos de biomasa aérea y suelo. Los datos sobre flujos de carbono a nivel regional, relacionados con la dinámica del uso del suelo y emisiones de carbono, son necesarios para poder determinar el papel que esta dinámica juega en términos del balance general de emisiones de gases de invernadero. De aquí que el estudio de las modificaciones en la biomasa forestal es necesario para estimar los contenidos de almacenes de carbono a futuro en los ecosistemas.

Se argumenta que dentro de las estrategias de conservación de los recursos forestales es necesario no solo reconocer, sino considerar, su uso racional para la generación de ingresos de la población rural. Desde esta perspectiva, pero considerando el papel de las mujeres, se demuestra que para la gestión de los recursos naturales no solo se debe visualizar unilateralmente la participación y visión de las mujeres, sino integrar todo ello en estrategias de conservación a nivel local, regional y nacional en el marco de las áreas naturales protegidas (ANP).

La experiencia de trabajo de las mujeres del Ejido El Conejo se circunscribe dentro de esta perspectiva de género y representa, por un lado, uno de los pocos casos a nivel nacional y latinoamericano de la participación directa de mujeres en actividades de conservación de sus bosques. Por otro lado, constituye la oportunidad, a partir de la organización que actualmente tienen, de incursionar en nuevos retos para mejorar la calidad de vida, pero también la calidad ambiental de su familia y su comunidad, así como para la conservación misma del bosque de *Abies religiosa* en el Parque Nacional Cofre de Perote.

Abstract

Studies were carried out over a period of 5 years in the *Cofre de Perote* National Park, the location of an important mountain of the same name in the centre of the state of Veracruz in Mexico. The area is well known for its importance in supplying water, historically used for agricultural (including cattle raising), urban and industrial activities. However, the area is also important for other natural resources, including a forest of *Abies religiosa*.

In Chapter 1 of this thesis, background information is presented as the theoretical framework for the studies carried out and includes topics such as climate change and how Mexico is contributing to this through its emissions, as well as the public policies implemented and the government structures responsible for applying these. The topic of national forests is addressed in relation to deforestation; this includes the national scheme for the 60 priority mountains (the CONAFOR² Sustainable Management of Mountain Ecosystems Programme), which describes the physical and social environments of the main mountains in the country, as well as the change in land use and the REDD+ concept. Conservation of biodiversity in Mexico via the National System of Natural Protected Areas is also discussed, with emphasis on National Parks, as well as the role of Natural Protected Areas in combatting climate change. The social context of forest conservation actions is discussed, considering that Mexico is at the vanguard as regards community management of forests, and the REDD+ proposal is considered from the viewpoint of occupancy of the earth by forests and indigenous peoples.

The second part of the theoretical framework discusses the initiative that the State of Veracruz elaborated in 2008, denominated the “Veracruz Programme against Climate Change”, as part of the national strategy in which these programmes provide support for state governments in the design of public policies and actions as regards climate change. Within this context, the following are considered: greenhouse gas emissions in the state of Veracruz; climate variability in the state; predicted scenarios; the vulnerability of biodiversity; the role of forests in the state in combatting climate change; the causes of forest deterioration; land occupancy in Veracruz; forest management in the state, and the potential of forests for energy purposes. The different types of vegetation that exist in the state are also described, including *Abies religiosa* forest. The chapter concludes by describing the Natural Protected Areas in the

² National Forest Commission. Institution of the Federal Government in Mexico responsible for the public policies in relation to forests.

state, the *Cofre de Perote* National Park, and the *El Conejo* communal land, and closes with the aims of the study.

Chapter 2 describes the study of landscape dynamics at the regional level, in the *Cofre de Perote* National Park and at a local level in the *El Conejo* communal land, during periods of 9 and 10 years respectively. In each case, the different types of land use and vegetation, and the observed changes in the periods considered are identified, and the likelihood of changes taking place as a result of the modifications in land use are predicted. On the basis of the results obtained, it is suggested that the category of National Park does not guarantee conservation of the natural resources in the area. It is also suggested, by way of a proposal, that the communal management system should be adopted in parks including temperate forest, as a sustainable forest management alternative, and as a way of improving the living conditions of the local people who depend on the forest as their only source of income.

Chapter 3 describes studies related to the storage of carbon in aerial biomass in oyamel forest (*Abies religiosa*) in the *El Conejo* communal land, and in the waste from pruning carried out to prevent forest fires; the carbon balance in soils is considered in relation to altitude. The forest structure is characterized and the carbon content (aerial biomass) of all fragments of *Abies religiosa* in the communal forest is estimated. It was found that the carbon store is greater than that reported for the same species in other parts of the country. However, in the case of the pruning waste, the carbon content was only slightly more than one ton. The carbon balance in the soils indicates that the carbon dynamics in the forest appear to be strongly influenced by the vegetation, specifically the dominant species, by mechanisms of production of assimilable organic matter. Altitude appears to influence nutrients such as nitrogen and phosphorus, but its influence on the carbon cycle is not clear.

Chapter 4 presents a study, from a gender perspective, of a committee of women who prune the trees to prevent fires, and use the pruning waste in December to elaborate a non timber forest product (Christmas wreath). This is an innovative product in the region and represents an alternative source of income for the families of these women at a critical time of year. Elaboration of the product also represents a highly profitable activity in terms of costs and benefits, and most importantly, sale of this non timber forest product is linked to forest conservation actions, as it involves the use of waste generated by pruning carried out to prevent forest fires.

Finally, the most important points from each chapter are discussed together. The importance of temperate forests, from the perspective of climate change, is reported to reside in the large reserves of carbon contained in the aerial and soil biomass. Data on carbon flows at the regional level, their relation to the dynamics of land use and carbon emissions are necessary to identify the role of these dynamics in the general balance of greenhouse gas emissions. It is concluded that study of changes in forest biomass is necessary in order to estimate the carbon stores in ecosystems in the future.

It is argued that strategies for conserving forest resources must not only recognise, but also include the rational use of forests to generate income for rural populations. From this perspective, specifically considering the role of women, it is shown that for management of natural resources the participation and viewpoints of women should not only be visualized unilaterally, but should be integrated in conservation strategies at local, regional and national levels within the concept of Natural Protected Areas.

The work experience of the women in the *El conejo* communal land is confined within the premise of gender perspective and represents one of the few cases at national and Latin American levels of the direct participation of women in forest conservation activities, and also constitutes an opportunity for these women to organize their current resources, to address new challenges to improve their quality of life and the environment of their families and community, and to conserve the *Abies religiosa* forest in the *Cofre de Perote* National Park.

CAPÍTULO 1. JUSTIFICACIÓN, OBJETIVOS Y ANTECEDENTES

1.1 Justificación y objetivos

La relevancia de los estudios sobre los efectos del cambio climático radica en los aportes que éstos ofrecen en términos de métodos, análisis y propuestas que permitan adaptar o mitigar sus impactos en los ecosistemas, las economías y las sociedades de todo el mundo. El cambio climático como fenómeno natural ha sido abordado desde diferentes perspectivas, con una importante atención a la escala global. Sin embargo, cada vez se está abordando más su análisis desde una escala local y regional, debido a un mayor interés por aportar información para la toma de decisiones, pero también por la importancia que la sociedad en su conjunto le ha dado al tema.

Varios son los mecanismos que han surgido como opciones de mitigación a nivel global. Recientemente, en el 2008, surge desde la ONU un nuevo mecanismo centrado en el mantenimiento de la cobertura boscosa, y que establece como premisa el hecho de que el cambio en el uso del suelo, por la vía de la deforestación y degradación, ha sido una constante en los paisajes de todo el mundo, siendo además una de las formas que mayormente está contribuyendo al calentamiento global.

Sin embargo, para algunos autores, esta crisis socio-ambiental se debe a las políticas dirigidas solamente a una racionalidad económica, la cual ha demostrado ser la causante de la degradación y pérdida de la cobertura vegetal y la biodiversidad, entre otros (Leff, 2004). Esto queda patente al ver que la mayor contribución de CO₂ a la atmósfera proviene principalmente de Estados Unidos de Norteamérica con un 25%, de Europa Occidental con un 19% y de la ex URSS y Europa del Este con otro 19%. Los países en vías de desarrollo, en su conjunto, contribuyen con el 10% (UNFCCC, 2003).

Una de las maneras de mitigar el efecto del cambio climático es la relacionada con el mantenimiento de las masas forestales, es decir a través de la Reducción de Emisiones provenientes de la Deforestación y Degradación de los bosques (REDD), y la otra con una visión integral que incluye la disminución de emisiones de CO₂, la conservación de las masas forestales, la conservación de la biodiversidad, la disminución del deterioro, así como el fortalecimiento del capital social, a través de una serie de acciones dirigidas al manejo sustentable de los bosques (denominada REDD Plus o REDD +).

Dentro de este contexto, las Áreas Naturales Protegidas (ANP) se han empezado a considerar como un instrumento o vía que puede permitir

contribuir a mitigar el impacto del cambio climático, a partir de la conservación no solo de la biodiversidad misma que protegen, sino también de la conservación y mantenimiento de los procesos ecosistémicos que en ellos se generan, entre ellos los almacenes de carbono que contienen (Bezaury, 2009).

En el caso de México, una de las primeras categorías de conservación de sus recursos naturales fueron los Parques Nacionales, siendo el primero de ellos el Parque Nacional del Desierto de los Leones, creado en 1917. El objetivo de esta categoría fue la de preservar el entorno de las ciudades (Villalobos, 2000). Hasta finales de 1994 la protección de los recursos naturales a través de la creación de ANP se dio predominantemente mediante la categoría de Parques Nacionales. Sin embargo, también se protegieron mediante decretos de jurisdicción federal una gran cantidad de áreas naturales con diversas categorías o estatus de protección, que abarcaban desde bosques templados hasta selvas tropicales, entre otros (Villalobos, 2000).

Muchos Parques Nacionales fueron creados sobre zonas con la presencia de poblaciones rurales, quienes legalmente tenían la posesión de la tierra. El nuevo estatus de protección de muchos volcanes y cumbres de México se enfrentó a innumerables problemas, entre ellos, la falta de un presupuesto que garantizara su operación y efectiva conservación. Y lo más lamentable, y que hasta la fecha no se ha superado del todo, es que no se han podido dar opciones de aprovechamiento sustentable para quienes habitan en este tipo de regiones (SEMARNAP, 1996).

En este sentido, conservar hoy estas zonas debería implicar integrar a estas comunidades al esquema de conservación de sus recursos. Sin embargo, esto no ocurrió antes y no está ocurriendo ahora como regla general, salvo honrosas excepciones, de tal manera que quienes habitan en estas regiones no cuentan con la posibilidad de poder desarrollar un manejo, en el mejor de los casos sustentable y/o sostenible, de sus recursos.

Es así que se hace necesario conocer de qué manera las ANP están contribuyendo, no solo a la mitigación del cambio climático en términos del mantenimiento de las masas forestales, sino también a las oportunidades de desarrollo de quienes viven directa o indirectamente de los recursos que dichas ANP están protegiendo.

El presente estudio pretende conocer, desde este contexto, cómo el Ejido El Conejo, una de las comunidades más antiguas que habita dentro del Parque Nacional Cofre de Perote (Veracruz, México), contribuye a la mitigación del cambio climático a través del mantenimiento de su cobertura boscosa.

Bajo este contexto, con esta tesis doctoral se pretenden lograr los objetivos siguientes:

1. Identificar la dinámica de uso del suelo en el Parque Nacional Cofre de Perote, entre 1994 y 2005.
2. Identificar la dinámica de uso del suelo en la comunidad de El Conejo, dentro del Parque Nacional Cofre de Perote, entre 1995 y 2005.
3. Estimar el almacén de carbono en biomasa aérea y suelos del bosque de *Abies religiosa*.
4. Evaluar una acción de mitigación con alcance social y a nivel local, a través de un estudio de caso sobre el uso de productos forestales no maderables como una opción de beneficio social de género y de mitigación.

1.2. Antecedentes

1.2.1. Cambio climático y gestión forestal

Actualmente se reconoce que el cambio climático es uno de los problemas ambientales globales más importantes del siglo XXI (PNUMA *et al.*, 2004; Faladori y Pierri, 2005), y a su vez se reconoce que los bosques juegan un papel importante en la gestión de esta problemática ambiental (Brown, 1997).

Del período preindustrial a la fecha, las actividades humanas incrementaron aceleradamente la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, de tal manera que solo el CO₂ pasó de 280 a 380 ppm. Esta concentración no tiene precedente en los últimos 400 mil años, y tal vez ni siquiera durante los últimos 20 millones de años (PNUMA *et al.*, 2004). En términos exclusivos de CO₂, a partir del siglo XVIII su concentración en la atmósfera ha aumentado de manera constante, debido principalmente a la quema de combustible fósil (IPCC, 2001; Martínez y Fernández, 2004; Faladori y Pierri, 2005). La quema de biomasa (principalmente la asociada a la deforestación), las emisiones derivadas de la producción de cemento y del cambio de uso del suelo (de bosque a áreas de cultivo), han contribuido también al incremento de CO₂ atmosférico (Nebel y Wrigth, 1999; PNUMA *et al.*, 2004; Garduño, 2004; Grace, 2004).

La emisión de los GEI puede provenir tanto de fuentes naturales como antropogénicas. Se sabe que entre el 17 y 18% de estas emisiones resultan de

la conversión de bosques, especialmente en los trópicos (IPCC, 2007b). De acuerdo a Bond *et al.* (2010), no será posible mantener un aumento de la temperatura global menor a 2°C si no se disminuye, estabiliza y/o reconsideran los cambios en el uso del suelo. Un aspecto interesante sobre este punto es el hecho de que en el protocolo de Kyoto el tema de las mediciones de GEI, provenientes del cambio de uso del suelo, no fueron consideradas por razones técnicas y políticas. Sin embargo, dado el creciente interés sobre el cambio climático y por lograr mantener un aumento de la temperatura por debajo de los 2°C (y a pesar de los posibles costos de estas medidas), este tema ha sido reconsiderado y se ha integrado ya al acuerdo Post-Kyoto (Fearnside, 2001; Laurance, 2007).

Es conocido que la concentración de elementos tóxicos emitidos desde finales del siglo XVIII a la atmósfera están afectando la estructura y biodiversidad de los ecosistemas del planeta (Taylor, 1969; IPCC, 1996; De Jong *et al.*, 2007). Además, este hecho se ha visto agravado por la permanente y continua producción de nuevos contaminantes, así como por el aumento de la densidad de población en las ciudades de todo el mundo (Prat y Ward, 1994) y por una visión de la naturaleza como mercancía, donde los costos ambientales son subevaluados por la política de mercado (Leff, 2004).

El Tercer y más reciente Informe de Evaluación de Trabajo II (GT II) del Panel Internacional del Cambio Climático o IPCC (TE, publicado en 2001), señala que en los últimos cinco años ha habido un avance importante en el conocimiento sobre la vulnerabilidad al cambio climático que están experimentando diversos sistemas ecológicos, bosques, humedales, ríos, lagos y entornos marinos, así como los humanos (agricultura, recursos hídricos, recursos costeros, salud humana, instituciones financieras y asentamientos humanos).

Como resultado del cambio climático, y a partir del aumento de la temperatura promedio del planeta, se esperan una serie de consecuencias: derretimiento de amplias superficies de los hielos polares, aumento del nivel del mar, inundaciones de regiones costeras y de islas. A nivel regional las precipitaciones aumentarán con efectos en flora, fauna y agricultura, así como se incrementarán los desastres debido a huracanes e inundaciones, que con mayor frecuencia e intensidad impactarán zonas densamente pobladas (Bolin *et al.*, 1986; Jacobson y Price, 1990; Magaña, 2004; IPCC, 2007c).

Por otro lado, se sabe que se han modificado los patrones de precipitación en el hemisferio norte (por ejemplo, en latitudes septentrionales

han aumentado las precipitaciones, incluyendo aguaceros frecuentes, y menores precipitaciones en las áreas subtropicales), mientras que los niveles del mar han aumentado de 10 a 20 cm debido a que las áreas cubiertas de hielo y nieve han disminuido en todo el mundo (Magaña, 2004).

Noss (2001) señala que los efectos del cambio climático aumentan, desde la perspectiva ecosistémica, porque se dan sobre ecosistemas degradados, fragmentados, invadidos por especies exóticas o francamente destruidos. De esta manera, el impacto de los cambios es más catastrófico y compromete fuertemente a la biodiversidad en todos sus niveles de organización. Así, se espera que algunos ecosistemas forestales se vean más afectados que otros, tanto por su fragilidad biológica (bosques mesófilos, entre otros) como por el prolongado manejo humano al que han estado sometidos (bosques de coníferas) (CONABIO, 2006).

Las implicaciones del calentamiento global para la conservación de las especies y las comunidades de plantas y animales son muchas y de diversa índole, y se esperan cambios a todos los niveles de organización ecológica: cambios poblacionales, en la distribución de los organismos, en la composición de las especies y en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas (IPCC, 1996; Sala *et al.*, 2000; McCarthy, 2001). El efecto en las plantas incluye, entre otros, aumento de la productividad primaria, cambios en la tasa fotosintética, sesgos en los límites de distribución de las especies, cambios en la germinación, cambios en la estructura y dinámica de las comunidades y cambios en las fechas de reproducción de algunas especies animales (Smith, 1997; Ceuleman *et al.*, 1999; Bradley *et al.*, 1999; Ni *et al.*, 2000; McCarthy, 2001; Martin, 2001; Moss *et al.*, 2001). De acuerdo a Williams (2007), se tiene evidencia de cambios en rangos de distribución y/o conductas en más de 400 especies de plantas y animales. Por ejemplo, plantas, aves migratorias y mariposas de zonas templadas, y una gran variedad de animales vertebrados e invertebrados, se están moviendo hacia el norte o hacia una altitud mayor, y muchos organismos están adelantando el tiempo de sus actividades estacionales.

Considerando que en las regiones templadas el desarrollo y crecimiento de las plantas están determinados por la temperatura, en el caso de los árboles las primeras hojas y flores están apareciendo más temprano cada año. En términos generales se prevé que ocurrirán modificaciones en el equilibrio dinámico de los bosques, que tendrán como consecuencia que la abundancia relativa de especies cambie y la biodiversidad decline (Williams, 2007), ya que

está existiendo un desacoplamiento de las interacciones bióticas de los organismos en los ecosistemas.

Sin embargo, la magnitud del impacto del cambio climático sobre los ecosistemas está altamente relacionado con la capacidad que éstos tengan de recuperarse a los cambios ambientales, es decir, dependerá de la resiliencia o capacidad que los ecosistemas tengan de recuperarse y volver a un estado previo al disturbio (Holling, 1973). Esta capacidad está determinada por la diversidad de especies y por la variabilidad genética, así como por el conjunto de ecosistemas regionales presentes. Por otra parte, Walker y Salt (2006) consideran que los ecosistemas tienen la capacidad de absorber la perturbación (resistencia) manteniendo sus funciones básicas y estructura, y por lo tanto su identidad.

Los sistemas naturales y sociales de las diversas regiones tienen múltiples características, recursos e instituciones, y están sometidos a una amplia diversidad de presiones que dan lugar a diferencias de respuesta y de capacidad de adaptación. Incluso dentro de una región, variarán los impactos, la capacidad de adaptación y la vulnerabilidad (IPCC, 2001a). La adaptación es una estrategia necesaria que debe ser considerada a todos los niveles como un complemento a los esfuerzos de mitigación biológica o tecnológica que cada país considere previsto. No obstante, es claro que aquellas poblaciones con recursos mínimos tendrán una mínima capacidad de adaptarse, por lo que serán los más vulnerables a los impactos del cambio climático.

Dentro de este contexto, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (2010) (CMNUCC o UNFCCC por sus siglas en inglés) ha señalado que el cambio climático puede agravar la pobreza en los países en desarrollo y disminuir o terminar con muchos de los avances conseguidos hasta la fecha con respecto a los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), ya que repercute en todos los aspectos del desarrollo sostenible. La vulnerabilidad futura depende no solo del cambio climático, sino también de las vías de desarrollo que cada país elija. Sin embargo, el desarrollo sostenible puede reducir la vulnerabilidad.

1.2.1.2. El escenario en México

En términos del cambio climático, el 25 de abril de 2005 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el acuerdo por el que se creaba con carácter permanente, la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC), que garantiza la permanencia de dicha comisión independientemente de los

cambios gubernamentales en México, lo cual en si mismo representa un hecho trascendente para el país, pero también en términos de política publica constituye un avance significativo que impacta no solo al sector ambiental, sino al sector social y económico.

De acuerdo a Masera *et al.* (2001), México tiene como almacén de carbono en toda la vegetación presente en su territorio aproximadamente 24 Gton³, de las cuales, por deforestación y degradación, se emite una tasa anual del 1,1% (FAO, 2007). El país se encuentra entre los 70 con mayores emisiones de GEI *per capita*, estando el 30,5% de ellas relacionadas de manera importante con actividades de cambio de uso del suelo, asociadas a su vez con procesos de deforestación (Arriaga y Gómez, 2004). Así, se estima que México cuenta con 21 millones de hectáreas de bosques y selvas degradadas, que representan una pérdida de 2,7 Gton de reservorios de carbono (Zuñiga y Peña, 2009), aunque considerando un manejo adecuado de las mismas sería posible aumentar su biomasa, y entonces podrían capturar hasta 46 Mton⁴ de carbono en un lapso de 25 años (Masera y Sheinbaum, 2004).

De acuerdo a lo citado por Zuñiga y Peña (2009), por costos de adaptación al cambio climático a México le representa ejercer un 6% de su PIB hacia medidas de adaptación por bajos rendimientos en agricultura, inundaciones, disminución en la disponibilidad de agua, impactos en infraestructura, reducción de bosques, etc., además del compromiso de disminuir sus emisiones por efectos de GEI.

Estudios a nivel nacional (CONABIO, 1998) han permitido determinar la vulnerabilidad de México ante el cambio climático, comparando las condiciones actuales y las que potencialmente se presentarían bajo un cambio climático, en el caso hipotético de que se alcanzaran incrementos en las concentraciones de gases de efecto invernadero que representaran una duplicación efectiva del CO₂ atmosférico con respecto a los niveles preindustriales. Los resultados de estos estudios indican que probablemente se presenten, entre otros, los siguientes procesos dentro del territorio nacional:

- 1) Modificación del régimen y la distribución espacial y temporal de las precipitaciones pluviales.
- 2) Cambios en la humedad de suelos y aire, con alteraciones de los procesos de evapotranspiración y recarga de acuíferos.

³ Gton = Gigatonelada = 10⁹ toneladas.

⁴ Mton = Megatonelada = 10⁶ toneladas.

- 3) Agudización de las sequías, la desertificación del territorio y la potencial modificación de la regionalización ecológica: reducción drástica de ecosistemas boscosos templados y tropicales.
- 4) Mayor incidencia de incendios forestales, profundizando la deforestación, la erosión, la liberación de carbono y la pérdida de biodiversidad.
- 5) Alteración de cuencas hidrológicas, así como del régimen y distribución de escurrimientos superficiales e inundaciones.
- 6) Aumento del nivel del mar, con impactos sobre ecosistemas costeros y marinos.

El 30% del territorio mexicano corresponde a zonas áridas y semiáridas, mientras que los bosques y selvas cubren el 28% de la superficie total. Cerca del 80% de los suelos del país registran algún grado de erosión, principalmente por la deforestación de terrenos con pendientes pronunciadas. En estas circunstancias, una duplicación de la concentración de CO₂ respecto a niveles preindustriales tendría consecuencias graves para los procesos de desertificación, deforestación, erosión y pérdida de biodiversidad. Aumentaría además la frecuencia o gravedad de fenómenos naturales potencialmente desastrosos. El área con potencial de producción de granos básicos se reduciría en forma considerable; los ecosistemas forestales y las especies que los integran sufrirían daños irreversibles; el abasto de agua para riego y para consumo humano se vería afectado, en tanto que la infraestructura productiva podría experimentar daños severos. Además, algunas regiones costeras estarían expuestas a inundaciones y la agricultura, en especial la de temporal, tendría pérdidas cuantiosas a causa de la mayor frecuencia de las sequías. En síntesis, México es un país de acentuada vulnerabilidad frente al cambio climático (CONABIO, 1998).

Los impactos del cambio climático sobre la biodiversidad ya son importantes en los bosques de coníferas y encinos (*Quercus spp.*), seguidos del matorral xerófilo, el bosque mesófilo de montaña, la vegetación acuática y subacuática y el pastizal. De acuerdo a modelos desarrollados por dicha institución, esos tipos de vegetación observarán una disminución en su superficie, sin considerar el efecto de la deforestación antrópica asociada al desmonte (Arriaga y Gómez, 2004). Por otro lado, los tipos de vegetación que aumentarán en superficie serán el bosque tropical perennifolio, el bosque tropical caducifolio, el bosque espinoso y el bosque tropical subcaducifolio (Arriaga y Gómez, 2004). En el caso de los bosques templados, entre el 60-

70% de los mismos pueden verse afectados por el cambio climático (Zuñiga y Peña, 2009).

1.2.1.2.1. México: emisiones y acciones de mitigación

La Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC), ratificada por 192 países, estableció como uno de sus compromisos generar, integrar y difundir información relacionada con la emisión de gases de efecto invernadero a partir de las comunicaciones nacionales de los países adheridos (denominados “Partes”). Así, las comunicaciones nacionales representan la vía para informar sobre las acciones específicas que implementa cada país y sirven como una herramienta estratégica para enfrentar el cambio climático, de tal manera que son un recurso informativo para la Conferencia de Partes, organismos internacionales, público en general y personas encargadas de elaborar políticas nacionales (Fernández y Martínez, 2004).

México se adhirió a dicha comisión el 13 de junio de 1992, y al hacerlo adquirió el compromiso de *“Elaborar, actualizar periódicamente, publicar y facilitar a la Conferencia de las Partes, de conformidad con el artículo 12, inventarios nacionales de las emisiones [antropogénicas] por las fuentes y de la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, utilizando metodologías comparables...”*.

Así, México ha presentado a la convención los inventarios nacionales correspondientes a 1994, 1990-1998 y 1990-2002, para los cuales se han seguido las metodologías aprobadas por la CMNUCC vigentes al momento de su realización (INE, 2009).

El financiamiento para la elaboración de las comunicaciones para los países en vías de desarrollo proviene de los países Anexo I (países desarrollados), que es canalizado a través de los siguientes organismos: Fondo Mundial para el Medio Ambiente (FMMA) y Global Environmental Found (GEF), a través de sus agencias de instrumentación (El Banco Mundial -BM-, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente -PNUMA- y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) (Fernández y Martínez, 2004). Sin embargo, en el caso de México, el financiamiento para la primera y segunda comunicación nacional provino del Gobierno Federal (INE, 2006).

La elaboración de las comunicaciones sigue una serie de directrices que han sido establecidas por la CMNUCC, a través de un Grupo Consultivo de Expertos (GCE) del cual México formó parte desde 1999 hasta 2004. Este grupo revisa las comunicaciones nacionales, identifica y evalúa los problemas que los países tienen en el uso de guías y metodologías y emite recomendaciones para mejorar dichas comunicaciones.

En cuanto a emisiones de GEI, a México se le considera en la posición número 15 a nivel mundial, con 2.627 millones de toneladas de carbono emitidas entre 1900-2000, lo que representa el 1% de las emisiones mundiales totales para dicho período (Arvizu, 2004). Sin embargo, cuando el análisis se hace solo para el año 2000, en el que se emitieron mundialmente 6.388 millones de toneladas de carbono, México se posiciona por quema de combustibles fósiles en el lugar número 12 con 98 millones de toneladas de carbono, que representan el 11,54% de las emisiones mundiales para dicho año. Por otro lado, si se considera solo la región de Latinoamérica, México contribuyó en el año 2000 con el 27,3% de las emisiones en la región, con un índice de 1,1 toneladas de carbono por habitante por año (Arvizu, 2004). Es decir, el país juega un papel importante en el contexto latinoamericano de emisiones de GEI, y desde su adhesión a la CMNUCC anualmente emite sus Inventarios Nacionales de GEI (INEGEI), así como sus comunicaciones nacionales.

La Tercera Comunicación Nacional presenta la actualización del INEGEI al 2002, calculándose nuevamente las cifras para 1990, 1992, 1994, 1996, 1998 y 2000. Para el 2002 las emisiones de GEI se estimaron en 643.183 Gg⁵ en bióxido de carbono equivalente (CO₂ eq.).

Así, se reporta que el 74% de las emisiones de GEI corresponden a CO₂, el 23% son de CH₄, el 2% corresponden a N₂O, y el restante 1% corresponde a hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs) y hexafluro de azufre (SF₆). En cuanto a la contribución por categoría de emisión, se reporta que la contribución de las emisiones de GEI en términos de CO₂ equivalentes para 2002 fueron las siguientes: la categoría de energía contribuyó con el 61%, el cambio de uso de suelo (USCUSS) con el 14%, los desechos con el 10%, los procesos industriales con el 8% y la agricultura con el 7% (INE, 2006). Cabe señalar que la categoría energía ha sido la más importante en los inventarios nacionales de México, por lo que se ha

⁵ Gg = Gigagramos = 109 gramos.

subdividido en dos componentes, por un lado consumo de combustibles fósiles y por otro emisiones fugitivas de metano.

De acuerdo a la Cuarta Comunicación Nacional (INE, 2009a), las emisiones de GEI por gas, medidas en unidades de CO₂ eq., fueron: 69,5% de CO₂, 26,1% de CH₄, 2,9% de N₂O y el restante 1,4% corresponde a HFCs y SF₆. Cabe señalar que durante 2003 se dejó de producir aluminio en el país, por lo que las emisiones de PFCs son nulas a partir de 2004.

En 2006, las emisiones en unidades de bióxido de carbono equivalente (CO₂ eq.) para México fueron de 709.005 Gg. La contribución por categorías en términos de CO₂ eq. fue la siguiente: 60,7% de energía, 9,9% de uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura, 14,1% de desechos, 9% de procesos industriales y 6,4% de agricultura (INE, 2009a).

Comparativamente, entre la tercera y cuarta comunicación nacional se encuentra que para los totales de emisión de GEI hubo un incremento del 10,23%, que corresponde principalmente al incremento en emisiones de CH₄ (en 2002 este gas representó el 23% de las emisiones de GEI, mientras que en 2006 ascendió a 26,1%) y de N₂O (en 2002 representó el 2% y en 2006 el 2,9%). Si esta comparación se hace considerando las categorías, se encuentra que los desechos, que en 2002 representaron el 10%, para el 2006 ascendieron al 14,1%, mientras que los procesos industriales representaron el 8% en 2002 y en 2006 ascendieron al 9%.

Los resultados del INEGEI (Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero) (1990-2006) indican que el incremento en las emisiones de GEI en México fue de aproximadamente un 40% durante ese período, lo que significa una tasa media de crecimiento anual de 2,1%. Esto es el reflejo de que el país en este período vivió un proceso importante de transformación como la apertura de la economía, un menor control gubernamental sobre las actividades productivas y los precios, la disminución en las tasas de interés y el control de la inflación, entre otros aspectos, que causaron que las emisiones totales de GEI aumentaran (INE, 2009a).

Debido al carácter del presente documento de tesis, se quiso puntualizar el tema de las emisiones de GEI asociadas al Uso del Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura (USCUSS). Sin embargo, se ha encontrado que esta categoría es abordada de manera preliminar en la Tercera Comunicación Nacional y someramente en la Cuarta Comunicación Nacional. En la actualización del INEGEI 1990-2006, en la Categoría de Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra, a nivel del informe preparado para INE (De Jong *et al.*,

2007), se señala que esta categoría representa un caso particular, ya que las clases de vegetación utilizadas a nivel nacional no corresponden a las propuestas por el IPCC.

Por otro lado, a nivel del país no existen estadísticas forestales recabadas de manera regular, sistemática y consistentes a lo largo del tiempo que permitan contar con series históricas (el Inventario Forestal Nacional se inició en 2004), lo que genera incertidumbre para esta categoría. Por ejemplo, el último Inventario Forestal Nacional (SARH, 1994) no se puede utilizar para estimar las tasas históricas de deforestación, debido a que se basa en una clasificación de tipos de bosques que no coincide con los Inventarios Forestales anteriores. Sin embargo, se estima que aproximadamente de 185 a 229 Tg⁶ CO₂ se emiten cada año como resultado de cambios en el uso de la tierra (Sheinbaum y Masera, 2000). Se espera a corto plazo reducir esta incertidumbre a partir de una serie de acciones que se han empezado a implementar a nivel nacional, tal como señalan De Jong *et al.* (2007).

La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) de México, que es una agencia del Gobierno Federal, a partir del 2009 ha incluido la medición de todos los reservorios de carbono (C) en el Inventario Nacional Forestal y Suelos a partir de 25.000 conglomerados establecidos entre 2004 y 2008, lo que permitirá por primera vez reportar flujos de C en tierras forestales. Varios Estados de la República están en el proceso de realizar sus inventarios forestales estatales, muchos bajo la coordinación de CONAFOR, lo que permite la integración de la información en una base nacional.

En México, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) está en el proceso de capturar todos los datos de los planes de manejo forestal autorizados en un formato único disponible en Internet, con lo cual se podrá disminuir sustancialmente la incertidumbre en la categoría Tierras Forestales que permanecen como Tierras Forestales. La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) está estableciendo un sistema de monitoreo para los pastizales y matorrales a nivel nacional con más de 500 sitios permanentes, lo que permitirá cuantificar los flujos de C en Praderas que permanecen como Praderas. Adicionalmente, se están estableciendo sistemas semi-automatizados de análisis y clasificación de imágenes satelitales, para generar mapas de cambio del uso del suelo periódicos y con alta definición.

⁶ Tg = Teragramos = 10¹² gramos.

Antes de entrar en el tema de las acciones de mitigación que ha tomado México, es necesario hacer referencia a la estructura del gobierno, con la finalidad de poner en contexto las acciones que se han emprendido.

México es una República representativa, democrática federal, con tres poderes: Ejecutivo, Legislativo y Judicial, de acuerdo a lo establecido por la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. El Poder Ejecutivo es ejercido por el Presidente de la República, quien en cumplimiento con lo dispuesto en el Artículo 26 de la Constitución, propone un Plan Nacional de Desarrollo (PND) al cual todos los programas de la administración pública federal se sujetan. Es así que dicho PND representa el instrumento rector y planificador del país, en el que se plantean las estrategias y prioridades que rigen al Gobierno a través de todas sus Secretarías de Estado mediante sus Programas Sectoriales, y su temporalidad corresponde al período del mandato presidencial, que en México es de seis años. El actual PND 2007-2012 (Presidencia México, 2007) incluye por primera vez el tema de cambio climático, de tal manera que siete Secretarías del Gobierno Federal han incluido líneas de acción al respecto. Así mismo, en 2005 se creó la Comisión Intersecretarial del Cambio Climático (CICC), que es el órgano federal responsable de formular políticas públicas para la prevención y mitigación de emisiones de GEI, la adaptación a los efectos adversos del cambio climático y, en general, para el desarrollo de programas y estrategias de acción climática, así como los relativos al cumplimiento de los compromisos suscritos por México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y demás instrumentos derivados de ella, particularmente el Protocolo de Kyoto.

En términos de mitigación del cambio climático, México espera para el 2050 reducir sus emisiones de GEI en un 50%. Para el logro de este objetivo, el país presentó su Programa Especial de Cambio Climático (PECC) 2009-2012 (Diario Oficial de la Federación, 2009), que considera cuatro componentes: visión de largo plazo, mitigación, adaptación y elementos de política transversal, y que es alimentado a partir de los Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático (PEACC), siendo el estado de Veracruz el primero en elaborarlo y publicarlo en 2008. Los PEACC son instrumentos de apoyo para el desarrollo y planificación de política pública de nivel estatal, cuyo objetivo es recabar información, analizarla y diseñar líneas de acción que de manera local puedan aplicarse.

Para México, dentro de las áreas de oportunidad para la mitigación de GEI consideradas, el mantenimiento de la vegetación y el fomento del uso de

suelo forestal se establecen como medios para conservar carbono forestal. Se consideran así tres tipos de acciones:

- a) Conservación de carbono.
- b) Captura de carbono.
- c) Sustitución de carbono.

Así, de acuerdo al PECC 2009-2012, para cumplir con las tres acciones antes mencionadas se plantean los siguientes objetivos:

- 1) Mitigar las acciones del sector forestal y las originadas por el cambio de uso del suelo mediante programas para la protección, conservación y manejo sustentable de los ecosistemas forestales y sus suelos.
- 2) Incrementar el potencial de los sumideros de carbono a través de acciones de forestación y reforestación.
- 3) Estabilizar la frontera forestal agropecuaria para reducir las emisiones provenientes de la conversión de superficies forestales a usos agropecuarios.
- 4) Reducir la incidencia de incendios forestales provocados por quemas agropecuarias y forestales.

Uno de los programas que coadyuva en la captura de carbono es el Programa Pro-árbol, puesto en marcha en 2007 por parte de la CONAFOR. Este es el principal programa federal de apoyo al sector forestal, y tiene como principales acciones de mitigación los Programas de: Reforestación; Conservación y Restauración de Suelos Forestales; Diagnóstico y Tratamiento Fitosanitario; Programa Nacional de Dendrología; Programa de Plantaciones Forestales Comerciales (PRODEPLAN); Programa de Desarrollo Forestal Comunitario (PROCyMAF); Estrategia Nacional de Reducción de Emisiones Derivadas de la Deforestación y Degradación Forestal (REDD); Estrategia de Cambio Climático y Áreas Protegidas; Programa de Manejo de Fuego en Áreas Protegidas; Mercados de Carbono; Mitigación a través de nuevas áreas protegidas (Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad).

Lo que se espera mitigar a través de la categoría de agricultura, bosques y otros usos del suelo para el año 2012 representa un 30% de las emisiones de GEI.

En el escenario mundial de mitigación del cambio climático México es un país importante, no solo por que se encuentra en el lugar número quince como emisor de GEI, sino por que como miembro de la OCDE y el Tratado de Libre

Comercio (TLC) para América del Norte es presionado para poner un límite a sus actuales y futuras emisiones. Por otro lado, es un país en el que el petróleo representa una pieza angular en su economía, ya que tiene una fuerte dependencia del uso de combustibles fósiles para cubrir sus necesidades domésticas de energía; entre el 86% (Sheinbaum y Masera, 2000) y 96% (Masera *et al.*, 2001) de la energía primaria utilizada en el país proviene del petróleo.

Sin embargo, es considerado un país en desarrollo en términos del bajo ingreso promedio *per capita*, la falta de servicios básicos para una gran parte de su población, así como por la cantidad de emisiones *per capita*. Por otro lado, tampoco cuenta con el capital necesario para implementar inversiones adicionales en acciones dirigidas a la mitigación y reducir la emisión de GEI (Sheinbaum y Masera, 2000).

En este escenario, entre 2008 y 2009 México obtuvo el registro de 12 proyectos ante la Junta Ejecutiva del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kyoto, con lo cual ascienden a 118 el número de proyectos registrados por el país. De éstos, 20 reciben Reducciones Certificadas de Emisiones (RCEs), con lo que se incrementaron en 53% las toneladas de CO₂ eq. mitigadas y registradas ante la Junta Ejecutiva del MDL, al pasar de 3,8 a 5,8 millones de toneladas. A nivel internacional, México participa con un 7% de los proyectos MDL y ocupa el cuarto lugar por el número de proyectos registrados, la quinta posición por el volumen de RCEs esperadas y es también el quinto por el volumen de RCEs obtenidas (Presidencia México, 2009).

Finalmente, el esfuerzo de mitigación que México ha iniciado implica no solo importantes transformaciones a nivel de formas de producción y consumo, utilización de energía, del manejo de sus recursos naturales y de ocupación y utilización de su territorio, sino paralelamente, de desarrollar, promover e impulsar una importante estrategia nacional de educación ambiental.

1.2.2. Los bosques nacionales

1.2.2.1. Deforestación

Hasta hace poco tiempo, el tema de la deforestación estaba centrado principalmente en los bosques tropicales, dejando a un lado el 80% de la cobertura de bosques densos, como los bosques tropicales caducifolios y los bosques templados (Masera *et al.*, 1997). Por otro lado, no existe una estimación oficial de las cifras de deforestación, ya que las estimaciones varían

dependiendo del período analizado y la metodología utilizada (Velázquez *et al.*, 2002; García *et al.*, 2009; Takaki, 2010), así como de las definiciones de los tipos de bosques utilizados por cada fuente en particular, pues algunos autores sólo incluyen los bosques tropicales, que son los que han capturado la atención internacional, mientras otros consideran los bosques cerrados y abiertos (Toledo *et al.*, 1989). Y más aun, menos se conoce la cifra sobre la degradación o deterioro de los bosques y selvas, aunque CONAFOR estima que la degradación forestal tiene tasas similares a las registradas para la deforestación (Tabla 1.1).

Tabla 1.1. Tasas de deterioro (ha/año) de los recursos forestales en México (Fuentes: FAO, 2005; Iglesias *et al.*, 2008.; Takaki, 2010).

Deterioro/Fuente	FAO, 2005	CONAFOR, 2008	INEGI, 2010
Deforestación (1993-2002)	260.400	512.500	336.523
Degradación (1993-2002)	sin datos	457.700	405.155

Es necesario señalar que estas cifras no son estáticas, ni unidireccionales, pues existen flujos entre los diferentes usos del suelo que generan procesos de revegetación y deterioro más complejos. Sin embargo, algunos de ellos ya se han empezado a documentar en diferentes regiones de México y del trópico (Velázquez *et al.*, 2002; Lambin *et al.*, 2003; Muñoz-Villers y López-Blanco, 2007; García *et al.*, 2009). A nivel de procesos locales y regionales de deforestación-regeneración, es clave identificar la dinámica de la vegetación y procesos de regeneración, particularmente para los bosques mixtos y bosques con especies de hoja ancha (como el bosque mesófilo y los bosques tropicales). Con ello sería posible reconocer los posibles efectos del cambio climático sobre la estructura y composición de dichos bosques, puesto que su capacidad para capturar y almacenar carbono depende de ello (Díaz *et al.*, 2009).

En el contexto de las estrategias para reducir y mitigar los GEI, la degradación o deterioro es de interés porque se trata de un proceso generalmente paulatino, pero permanente, en el que los bosques pierden biomasa y, con frecuencia, se genera un cambio en la composición de las especies dominantes, habitualmente hacia unas de menor densidad de madera y tamaño. Dentro de esta categoría caben los bosques secundarios o en proceso de regeneración natural, catalogados como “vegetación secundaria” en los inventarios forestales y en los mapas de vegetación (Takaki, 2010).

El deterioro forestal en bosques productivos tiene efectos económicos, pues reduce su valor al disminuir el volumen y/o la presencia de especies comerciales; así como efectos ecológicos, pues se modifican la estructura y composición del bosque hacia estadios sucesionales tempranos. En estos casos, el efecto sobre la biomasa arbórea y la capacidad del bosque para capturar y acumular CO₂ (Putz *et al.*, 2008) es un importante indicador para una estrategia REDD+ (ver apartado 1.2.3.1).

En México la estrategia principal de reforestación impulsada por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) se ha centrado fundamentalmente en la promoción de plantaciones de pino. Se estima que anualmente se plantan 199.790 hectáreas, con una inversión anual equivalente a 31.951.831 dólares americanos (OCDE, 2003), si bien se ha reconocido que su tasa de supervivencia es menor al 50%⁷. El seguimiento de esta inversión requiere de capacidades locales y procedimientos claros entre las instituciones y grupos académicos para intercambiar información y optimizar recursos financieros y humanos, pues a pesar de los grandes montos invertidos hasta el momento no hay una evaluación geográfica, agronómica y ambiental de dónde, cuánto, quién, qué especies, edades y condiciones de salud tienen las plantaciones y las reforestaciones⁸.

En términos de servicios ambientales, las plantaciones y reforestaciones pueden favorecer la restauración pasiva mediante la recolonización de especies nativas de plantas y animales (Sánchez-Velásquez *et al.*, 2009), y paralelamente actuar como sumideros y almacenes de carbono que es necesario cuantificar, pues a la fecha no se cuenta con datos de su contribución a la mitigación de los gases de efecto invernadero.

1.2.2.2. Las 60 montañas prioritarias para México

La evolución del manejo forestal, en el curso del decenio pasado, se enfocó hacia el manejo sostenible de los bosques, un enfoque que equilibra los objetivos ambientales, socioculturales y económicos, de acuerdo a los principios forestales acordados en la Conferencia de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD), celebrada en Río de Janeiro (Brasil) en 1992, también conocida como “Cumbre de la Tierra”. En el contexto

⁷ El Plan Sectorial Forestal de Veracruz registra una supervivencia entre 12 y 29% en las reforestaciones (SEDARPA, 2006).

⁸ Para CONAFOR, plantación es el establecimiento, cultivo y manejo de especies forestales en terrenos agropecuarios y reforestación es el establecimiento inducido de vegetación forestal en terrenos forestales.

internacional, los esfuerzos realizados para fomentar el manejo sostenible de los bosques incluyen iniciativas para alcanzar un entendimiento común de este concepto, mediante la formulación de criterios e indicadores a través de los cuales la sostenibilidad del manejo forestal pueda ser evaluada, vigilada y registrada a nivel local y nacional (Agenda 21, 2006). El primer esfuerzo mundial hacia un manejo de los ecosistemas con un enfoque de montaña se dio a través de la inclusión del Capítulo 13 denominado “Ordenación de los Ecosistemas Frágiles: Desarrollo Sostenible de las Zonas de Montaña”, dentro del “Programa 21” que surgió de la mencionada “Cumbre de la Tierra” (Agenda 21, 1992). Posteriormente, en 1998 la Asamblea General de las Naciones Unidas declaró el año 2002 como el “Año Internacional de las Montañas”. México, junto a otros 78 países más, se unió a esa celebración, y esa iniciativa propició la formación del Comité Nacional de Montañas, presidido por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), que depende de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). El Programa de Manejo Sustentable de Ecosistemas de Montaña fue creado por la CONAFOR desde el año 2002, con el fin de implementar esquemas de manejo que aborden integralmente la problemática existente en cada una de ellas y promuevan en esas regiones el desarrollo social y la conservación de las áreas boscosas que protegen las cuencas hidrográficas de las 60 montañas prioritarias de México, las cuales ocupan una superficie estimada de 7,4 millones de hectáreas (CONAFOR, 2006). El objetivo del Programa es asegurar la producción del agua y la captura de carbono mediante la conservación, restauración, manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, con un enfoque orientado al desarrollo de las comunidades ubicadas en las cuencas hidrológico-forestales de las 60 montañas prioritarias y su área de influencia.

En el Comité Nacional de Montañas participan 45 instituciones, de las cuales 12 son Secretarías de Estado, 14 Organizaciones no gubernamentales (ONG's), 5 Cámaras Empresariales del Sector Forestal, 6 Uniones de Productores y un Organismo Internacional. México es, además, miembro activo de la Alianza Internacional para el Desarrollo Sostenible de las Regiones de Montaña de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

En México las montañas cubren aproximadamente tres cuartas partes del territorio nacional, representando regiones de alto valor en la producción de madera para las industrias de la construcción, de la celulosa y papel, en la captura, almacenamiento y abastecimiento de agua dulce, en la captura de carbono, en la conservación de la biodiversidad y en la recreación, entre otros

(Zuñiga *et al.*, 2008). Las montañas del país están pobladas por comunidades humanas con un alto nivel de pobreza y marginación, y donde prevalecen importantes conflictos agrarios. En este sentido, son sistemas prioritarios para la conservación no sólo por su valor biológico, sino además por la riqueza cultural que albergan, ya que aproximadamente 62 etnias viven en las montañas mexicanas; es decir, existen en el país cerca de 8.420 comunidades forestales, de las cuales el 28% aún conservan alguna lengua indígena (Merino, 2004).

En términos de la propiedad, el 80% de los bosques mexicanos pertenecen a ejidos y comunidades indígenas (Merino, 2004, Barton *et al.*, 2007), el 15% a pequeños propietarios y sólo el 5% corresponden a terrenos nacionales (SARH, 1994). Por otro lado, de acuerdo con el VII Censo Agropecuario de 1991, la distribución de la propiedad forestal según su tamaño, muestra que del total de las 2.407.275 propiedades, el 50,6% son menores de 5 ha (INEGI-ORSTOM, 1991).

Como se ha comentado, el Programa de las 60 Montañas Prioritarias pretende asegurar la producción de agua, así como la captura de carbono, mediante la conservación, restauración, manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, con una visión orientada al desarrollo social sustentable de las cuencas hidrológico-forestales para las 60 montañas prioritarias del país y su área de influencia. Esto será posible mediante la generación y actualización periódica de bases de datos y sistemas de información que faciliten la ordenación integral de los ecosistemas de montaña. Actualmente ya se ha generado un Sistema de Información Geográfica que considera sus condiciones socio-económicas y ambientales, utilizando la toma programada de imágenes de satélite durante 2002-2004, y para el 2005 utilizando las imágenes spot (10 m x píxel) de la Secretaría de Marina, contando así con información georeferenciada. En términos de conservación de la Biodiversidad de las 60 montañas prioritarias, 24 de ellas corresponden con Áreas Naturales Protegidas, algunas de las cuales son manejadas directamente por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), y otras por Gobiernos Estatales y Universidades. Así, de 17.852.465 ha de Áreas Naturales Protegidas, 1.298.803 ha (un 7,2%) coinciden con las 60 montañas prioritarias.

Para el estado de Veracruz se reconocen dentro de este programa a tres montañas: Cofre de Perote, Pico de Orizaba y San Martín.

1.2.2.2.1. El medio físico y social

La superficie total que concentran las 60 Montañas Prioritarias de México es de aproximadamente 7.484.299,90 ha, que integra a 81 cuencas, 294 subcuencas, 32 ecorregiones, 34 Áreas Naturales Protegidas y 40 acuíferos sobreexplotados.

En términos de uso del suelo, más del 50% de las montañas está constituido por bosques y selvas (el 43% bosques, el 14% selvas), siendo la segunda categoría en importancia la presencia de pastizales (14%), mientras que la agricultura constituye la tercera categoría con el 12%, el 9% son matorrales y un 8% corresponde a otros usos. Los bosques están presentes en las 60 Montañas Prioritarias de México, donde se observa que más de la mitad (un 53%) corresponde a bosques irregulares, siendo un 40% regulares y un 7% bosques mixtos.

Las 60 Montañas coinciden con las zonas elegibles para “Pago por Servicios Ambientales”, es decir, zonas donde existe el potencial que permite que los propietarios de los bosques reciban un pago por los beneficios que sus bosques prestan a la sociedad. Estos beneficios contemplan servicios de suministro, como los alimentos y el agua; servicios de regulación, como la regulación de las inundaciones, las sequías, la degradación del suelo y las enfermedades; servicios de base, como la formación del suelo y los ciclos de los nutrientes; y servicios culturales, como los beneficios recreativos, espirituales, religiosos y otros beneficios intangibles (WRI, 2003). De esta manera, se encontró que el 98% de éstas montañas son susceptibles de pago por Protección y Fomento de la Biodiversidad (7.403.517 ha), es decir son áreas que albergan una importante variabilidad de especies; el 21% por Captura de Carbono (1.604.969 ha), áreas que constituyen un importante sumidero de CO₂ que contribuye a mitigar el efecto del calentamiento global; el 19% por Servicio Hidrológico (1.486.801 ha), áreas que resguardan importantes mantos acuíferos; el 14% por Mejoramiento de Sistemas Agroforestales (1.118.760 ha); y un 8% por Reconversión a Sistemas Agroforestales (571.761 ha).

La población que habita en estas montañas está concentrada en 1.826 núcleos agrarios (INEGI-ORSTOM, 1991; RNA, 2005), 11.556 predios particulares y 8.337 congregaciones, con un total de 2.433.369 habitantes. Así, se ha encontrado que el 49% de la población presenta grados de marginación que va de alto a muy alto. Los criterios empleados para determinar el grado de marginación se basan en información sobre las condiciones ambientales y de

recursos naturales en las zonas de montaña, elaborada por instituciones como la CONABIO, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agropecuarias y Pecuarias (INIFAP), la Comisión Nacional de Agua (CNA), SEMARNAT, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). También se considera la información sociodemográfica proveniente del INEGI y del Consejo Nacional de Población, así como la de tenencia de la tierra procedente del Registro Agrario Nacional y de la SEMARNAT (CONAFOR, 2006; CONAPO, 2000). Con toda esta información se ha integrado un Sistema de Información Geográfica (SIG) para el Programa de Manejo Sustentable de Montaña, y al mismo tiempo para formular un documento rector por montaña, denominado Programa Operativo de Gestión.

El manejo que se le ha dado a los bosques mexicanos considera siete tipos de aprovechamiento, según el tipo de bosque que se trate. Así, se considera que el 53% de los bosques son de tipo irregular, es decir aquellos donde conviven varias generaciones en los cuales el Método Mexicano de Ordenación de Montes (MMOM) ha sido el más empleado para su aprovechamiento; aunque para el caso de las selvas se ha utilizado el Método Selectivo (Zuñiga *et al.*, 2008).

Los bosques regulares, es decir bosques donde conviven dos generaciones de árboles bien diferenciadas, y que abarcan el 40% de la totalidad, son los que han sido manejados por una mayor diversidad de métodos de aprovechamiento, tales como el Método de Desarrollo Silvícola (MDS), el Sistema Integrado de Conservación Silvícola, el Sistema de Manejo Integrado y el Sistema de Cortas Sucesivas de Protección. Los bosques mixtos corresponden únicamente al 7%, y han sido manejados principalmente a través del Sistema Integrado de Conservación Silvícola (Zuñiga *et al.*, 2008).

En términos generales, se puede concluir que 18,2 millones de hectáreas, es decir el 12,5% del territorio forestal de México esta bajo manejo, tanto con fines productivos como de conservación del recurso forestal. En este sentido, la superficie forestal que está bajo manejo con objetivos de conservación, según la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, es de 17,3 millones de hectáreas, de las cuales 9,6 millones de hectáreas cuentan con programas de conservación y manejo. Por otro lado, el Programa Estratégico Forestal 2025 indica que 8,6 millones de hectáreas corresponden a bosques y selvas bajo manejo con fines productivos (CONAFOR, 2006).

Datos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) señalan que en las regiones de bosques templados, tropicales y secos del país habitan 12 millones de personas que dependen directa o indirectamente de los bienes y servicios ambientales, mientras que en las regiones áridas y semiáridas, según estimaciones de la SEMARNAT, viven otros 22 millones (CONAFOR, 2006). Aunque gran parte de la población que vive en las regiones forestales realiza actividades productivas relacionadas con la agricultura y la ganadería, también aprovechan los recursos forestales para la obtención de combustible doméstico (leña), alimentos, medicinas, madera para sus viviendas y otros productos (Alcorn, 1984; Zizumbo Villarreal y Colunga-Garciamarin, 1993; Casas *et al.*, 1994; Benz *et al.*, 1994; Casas *et al.*, 2001; Sánchez-Velásquez *et al.*, 2002, 2009; Toledo *et al.*, 2003; Farfán *et al.*, 2007; Camou-Guerrero, 2008). Sin embargo, no todas las comunidades están en condiciones de aprovechar sus recursos de manera comercial.

Los ecosistemas forestales de montaña del país proveen de importantes servicios ambientales, tales como la protección de cuencas hidrográficas, la retención del suelo, la captura de carbono, la generación de oxígeno, el amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales, la regulación climática y la protección a la biodiversidad. Pero además aportan una gran cantidad de insumos indispensables para la actividad productiva del país. Por consiguiente, el programa de las 60 montañas prioritarias constituye un esfuerzo nacional que reconoce que los bosques son recursos comunes y que, por lo tanto, independientemente del tipo de propiedad a la que se encuentran sujetos, constituyen un bien finito y con usuarios potenciales que dependen directa e indirectamente de ellos, ya sea a través de la producción maderera o la prestación de servicios ambientales (Zuñiga *et al.*, 2008).

1.2.3. El cambio en el uso del suelo

El cambio en el uso del suelo constituye, entre otras posibilidades, la modificación de la cubierta vegetal. La deforestación constituye la pérdida de una cubierta vegetal arbolada, sustituida primariamente por una cubierta como la agricultura. Esto representa una emisión de GEI a la atmósfera (entre un 17 a 18% del total anual de GEI, según cifras del IPCC, 2007), así como la modificación en la composición del suelo (Alvarado y Wertz-Kanounnikoff, 2007). De acuerdo a Denmand *et al.* (2007), el cambio de uso de suelo, la deforestación y la degradación de los bosques constituyen las principales fuentes de emisión de carbono, estimándose que cerca de 1,6 billones de

toneladas son emitidas anualmente por cambios en el uso de suelo, principalmente mediante deforestación en las regiones tropicales.

El sector forestal aporta entre el 15 al 20% de las emisiones de carbono a nivel global, lo cual representa más de las emisiones provenientes del sector transporte (IPCC, 2007c; Houghton, 2008; Werf *et al.*, 2009), por lo que prevenir la deforestación constituye una pieza clave en la mitigación del cambio climático (Stern, 2006).

Recientemente se han incluido en el proceso Post-Kyoto las emisiones de GEI derivadas de la deforestación y degradación de los bosques, en el entendido de que no es posible mitigar los efectos de dichos gases sin abordar la problemática que representa el cambio en el uso del suelo y sin considerar que la conservación de los bosques representa una medida muy rentable de mitigación del calentamiento global (Stern, 2006).

El conocimiento de las dinámicas de uso del suelo y de la cobertura de la tierra constituyen investigaciones clave frente al cambio climático global (Geist y Lambin, 2001). Los estudios de Proyectos de uso y cambio de uso de la tierra y forestería (LULUCF) evalúan las dinámicas en las transformaciones del paisaje, representando una valiosa herramienta para los usuarios y generadores de políticas públicas en torno al uso del suelo, al ofrecer escenarios de cambios futuros y sus efectos, no solo en el medio natural, sino también en el social y, por tanto, económico (Geist y Lambin, 2001; Ellis y Pontius, 2007).

En México, al igual que en muchos países de América Latina, la deforestación está relacionada con factores como el crecimiento poblacional, una estructura desigual en la propiedad de la tierra, un contexto institucional que favorece la ganadería, etc. (Maser *et al.*, 1997), que en su conjunto han generado el paisaje actual del país. Es así como el proceso más fuerte de deforestación en el país se produjo a principios de la década de los cuarenta del siglo XX, teniendo su etapa más intensa en los sesenta y setenta, cuando los bosques tropicales fueron los más afectados a partir de la implementación de los llamados “proyectos de desarrollo” que, financiados por organismos multilaterales de crédito, arrasaron con zonas boscosas, principalmente en el sureste del país. La deforestación continuó durante la década de los 80 impulsada por una crisis económica del país y una profundización de la pobreza (Maser *et al.*, 1997). De acuerdo a los mismos autores, la deforestación sigue siendo un fenómeno ampliamente distribuido tanto en los bosques tropicales como en los bosques templados del centro y sur de México,

en donde se concentra aproximadamente el 80% del total de la deforestación del país.

Las causas de la deforestación son múltiples y complejas e involucran factores institucionales, tecnológicos, técnicos, socio-económicos y demográficos. Así, algunas de las acciones que han contribuido a la pérdida de la superficie forestal son: la agricultura migratoria a través del proceso de roza-tumba-quema y la apertura de claros para su establecimiento, la extracción de petróleo específicamente en el estado de Tabasco, los incendios antropogénicos que no solo han causado deforestación en bosques templados, sino también su degradación, la tala clandestina, etc. (Maser *et al.*, 1997).

En resumen, el fenómeno de la deforestación representa el resultado de un proceso multifactorial que se ha ido modificando a través del tiempo tanto a partir de políticas económicas de escala macro, como de políticas gubernamentales relacionadas con el medio rural generando condiciones que han limitado y en muchos casos impedido que las comunidades rurales puedan vivir de los bosques sin comprometer su conservación (CCMSS, 2009).

1.2.3.1. El concepto REDD+

Con la puesta en marcha del Protocolo de Kyoto se integró un órgano responsable de revisar y tomar decisiones sobre la implementación de acuerdos emitidos por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). Fue así que en la pasada reunión de la COP-16, celebrada en México en el mes de diciembre del 2010, se llegó a un acuerdo para la reducción de las emisiones causadas por la deforestación y la degradación de los bosques y la valorización de las reservas de carbono en los países en desarrollo al cual se le ha llamado REDD+.

Considerando las estimaciones recientes, se calcula que para reducir a la mitad las tasas de deforestación se requeriría una inversión de alrededor de 7 hasta 30 mil millones de dólares por año (Eliasch, 2008; Grieg-Gran, 2008; Lubowski, 2008), que representan un 5-25% del volumen de los actuales mercados mundiales de carbono en 2008 (Hamilton *et al.*, 2009). Dicho órgano, en la COP-11 de 2005, inició el debate sobre la integración del concepto de deforestación (RED) en las estrategias de mitigación, integrando posteriormente el tema de degradación de los bosques (REDD), y se amplió finalmente hacia la conservación forestal, la ordenación forestal sostenible y el aumento de las reservas forestales de carbono, estableciéndose así el

concepto denominado REDD+. El término REDD+ se refiere, entonces, a *“las actividades que reducen las emisiones por evitar la deforestación y degradación forestal y que contribuyen a la conservación, manejo sostenible de los bosques y mejoramiento de las existencias de carbono forestal que tienen el potencial de generar significativos co-beneficios sociales y ambientales”* (UN-REDD Program, 2009).

La reducción de emisiones de la deforestación y degradación de los bosques y el aumento de las reservas forestales de carbono en los países en desarrollo (REDD+) empezó como una iniciativa global, pero el enfoque de las acciones se ha ido desplazando paulatinamente al plano nacional y local. A la fecha más de 40 países están diseñando estrategias y políticas nacionales REDD+, y se han iniciado cientos de proyectos REDD+ en el trópico (Angelsen *et al.*, 2010).

Uno de los aspectos clave de esta iniciativa, y que constituye un punto de interés, es que los pagos se hacen en función de lo que los dueños de los bosques puedan reducir en emisiones a partir de su buen manejo, lo que significaría que recibirían un beneficio económico por mantener en pie dichos recursos. Sin embargo, existen aun muchas indefiniciones (técnicas, económicas y operativas, entre otras) en torno a la implementación de este programa, y a pesar de ello, la carrera en el diseño de estrategias REDD+ en varios países se ha iniciado, lo cual puede representar un riesgo y un éxito no garantizado.

La implementación de REDD+, en la mayoría de los casos, requiere de la participación de las comunidades locales para gestionar los activos de carbono de sus bosques y que se les permita beneficiarse realmente de los mercados emergentes de carbono y otras oportunidades de financiamiento. Los gobiernos tendrán que renovar sus instituciones y adoptar nuevos enfoques para manejar estos desafíos, incluyendo el papel de los bosques en la mitigación del cambio climático como parte integrante de sus planes y políticas de desarrollo.

México participa, junto a países como Belice, El Salvador, Guatemala, Nicaragua, Costa Rica y Panamá, en una iniciativa de implementación de un Programa REDD+ que beneficie a comunidades forestales de Mesoamérica. Esta región ha sido objeto, por su riqueza biológica, de esfuerzos como El Corredor Biológico Mesoamericano y el Sistema de Áreas Protegidas de la Región, de tal manera que existe información y conocimiento importante sobre los recursos forestales. Sin embargo, no existen estudios o análisis sobre los

alcances y magnitud de la deforestación y degradación de dichos bosques (PRISMA y Grupo CABAL, 2010).

Desde el sector forestal, en 2008 CONAFOR se sumó a estos esfuerzos al impulsar una Estrategia para la Reducción de Emisiones por Deforestación y Deterioro (REDD), con el fin de revisar los incentivos que han operado hasta ahora e incluir nuevos proyectos que permitan reducir la deforestación y la degradación de los bosques con un enfoque distinto (De Jong y Olguín, 2008).

De manera paralela en 2009 se constituyó el Programa Mexicano del Carbono (PMC), por iniciativa de la SEMARNAT y el INE, como una asociación civil constituida por académicos, investigadores y estudiantes de diversas instituciones del país, que busca coordinar, desarrollar, impulsar y sistematizar la investigación científica relativa a los estudios del ciclo del carbono en los diversos ecosistemas terrestres y acuáticos a nivel nacional, y los impactos ecológicos, económicos y sociales, bajo el contexto del Cambio Climático Global. Representa la contraparte científica del país con programas similares en otros países, como por ejemplo con el programa trinacional CarboNA, en el que México participa junto a Canadá y EEUU.

La perspectiva mexicana, recientemente propuesta en 2010 y que se encuentra en fase de consulta, plantea que la forma de reducir la deforestación y la degradación de los bosques es a partir de buscar un desarrollo rural sustentable, para lo cual se ha diseñado una estrategia que considera cinco líneas de acción (SEMARNAT y CONAFOR, 2010):

- 1) Arreglos institucionales y marco jurídico.
- 2) Esquemas de financiamiento.
- 3) Sistemas de medición, reporte y verificación, y escenarios de referencia.
- 4) Desarrollo de capacidades.
- 5) Comunicación, participación social y transparencia.
- 6) Acciones tempranas.

La implementación de REDD+ a nivel global esta marcando nuevos retos a los países alrededor del mundo, siendo uno de ellos, contar con un sistema confiable de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) (Daviet, *et al.* 2009; Herold y Skutsh, 2010).

México en materia de MRV se encuentra, de acuerdo a CONAFOR (2010), en condiciones para poder implementar a corto plazo su propia estrategia nacional de MRV gracias a que el país a contado con un mecanismo

de evaluación constante de sus recursos forestales, y en particular por contar con un Inventario Nacional Forestal y de Suelos que esta siendo fusionado con información de SAGARPA y SEMARNAT ampliando el espectro a los usos agrícola, silvícola y otros usos del suelo.

Así mismo la escala subnacional o local, se esta tomando en cuenta la experiencia que el país tiene a partir de los programas de PROCyMAF y COINBIO que han contribuido a fortalecer y regular los recursos comunes.

Como una estrategia nacional, México esta considerando un sistema de manejo híbrido del MRV, en el que se considera la participación de la academia, sociedad civil, iniciativa privada y gobierno, que le de transparencia y credibilidad frente al país y en el extranjero.

Finalmente, en términos generales, algunos de los aspectos que son necesarios clarificar, mejorar y/o considerar dentro del esquema de REDD+ son los siguientes:

- 1) Es necesaria la realización de reformas respecto a la tenencia de la tierra, ya que constituye un punto clave en la implementación de un proyecto REDD+, y poder tener claridad en los derechos sobre las tierras de los bosques, sus recursos y el almacenamiento de carbono.
- 2) Se requiere mejorar los actuales mecanismos de monitoreo, reporte y verificación del carbono (MRV). Es importante garantizar un compromiso real por parte del gobierno, así como una coordinación estrecha entre actores gubernamentales y no gubernamentales.
- 3) Se requiere que los dueños de los bosques cuenten con la capacidad adecuada para llevar a cabo un monitoreo de los cambios en el área forestal, así como inventarios forestales.
- 4) Es necesario que se garantice una salvaguarda ejecutable a nivel nacional o sub-nacional que pueda garantizar la protección de los derechos de los Pueblos Indígenas y comunidades dependientes de los bosques.

En este sentido, la implementación efectiva de REDD+ exige un conjunto más amplio de políticas que incluyan reformas institucionales en las áreas de gobernanza, tenencia, descentralización y manejo forestal comunitario (MFC), ya que dicho mecanismo tiene el potencial de convertirse en un elemento clave en la estrategia global de mitigación.

No obstante, es necesario reconocer que existe también una oposición a dicho programa que tiene señalamientos y argumentos que cuestionan, desde

una perspectiva indígena y de derechos humanos, los beneficios del programa para los pueblos indígenas que protegen y viven en y/o de los bosques (REDD Monitor *et al.*, 2010).

1.2.4. La conservación de la biodiversidad en México

1.2.4.1. El Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP) de México

México alberga una parte importante de la biodiversidad del planeta, y paradójicamente experimenta altas tasas de degradación ambiental (Velásquez *et al.*, 2002). La historia de conservación de los recursos naturales para México se inició con la creación de la primera zona de conservación en 1917: el Parque Nacional Desierto de los Leones. A partir de entonces y hasta 1994 se desarrolló una “cruzada” de conservación de la biodiversidad bajo diversos estatus o categorías de protección. Sin embargo, en la década de los sesenta del siglo XX esta iniciativa se vio frenada, aunque se retomó a finales de los setenta y los ochenta, cuando se crearon las condiciones para fortalecer una estrategia nacional de conservación, dando oportunidad a la participación de instituciones de investigación y organizaciones no gubernamentales, tanto regionales como estatales. Sin embargo, una constante histórica para el país ha sido la falta de un presupuesto que permitiera la conservación *in situ* de los recursos naturales y su efectiva conservación (Villalobos, 2000).

En la década de los noventa del pasado siglo se definieron mecanismos a nivel institucional, financiero, legislativo y operativo que permitieron concretar una estrategia nacional. Así, en 1992 el INE (Instituto Nacional de Ecología) de la SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), adscrito al Gobierno a nivel Federal, integró el tema de la conservación de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) a su esquema de trabajo en el ámbito ambiental. A partir de entonces la política nacional en materia de conservación de la biodiversidad ha sido ampliar la superficie, incorporando la participación de diversos actores que van desde comunidades a gobiernos estatales de las regiones en donde se han dado los decretos de conservación.

De acuerdo a Villalobos (2000), hasta el año 2000 México contaba con 30 Reservas de la Biosfera (RB), que representan la categoría con mayor superficie de protección en el país (59,18%); 16 Áreas de protección de Flora y Fauna (27,69%); 64 Parque Nacionales, que a pesar de ser la categoría más numerosa solo representan un 8,81% de la superficie protegida; un Área de Protección de Recursos Naturales (1,16%); 4 áreas protegidas por

recategorizar (3,07) y 4 Monumentos Naturales (0,09%). Todas estas categorías en total sumaban 119 ANP, abarcando una superficie de 15,848.016 ha y, representando, en su conjunto, el 8,11% del territorio nacional. De acuerdo al Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SEMARNAP, 1996), los Parques Nacionales requieren de un análisis profundo de su situación, dadas las condiciones históricas, geográficas y sociales que los distinguen, pero sobre todo por su compleja problemática jurídica y, en muchos casos, el avanzado grado de deterioro de los propios recursos objetos de dicha protección mediante esta categoría.

Datos más recientes (CONANP, 2003) indican que el país cuenta con 148 zonas de protección, que abarcan el 7% del territorio nacional. Esta diferencia se debe principalmente a que en 1996, con la reforma a la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), se eliminaron y adicionaron nuevas categorías de manejo, y se derogaron las categorías de Reserva Especial de la Biosfera, Parque Marino Nacional, Parque Urbano y Zonas Sujetas a Conservación Ecológica, y se adicionaron las categorías de Santuarios, Parques y Reservas Estatales y Zonas de Preservación Ecológica de los Centros de Población (Villalobos, 2000). Además de las reformas antes mencionadas, se elaboró y expidió el reglamento correspondiente a las Áreas Naturales Protegidas con la finalidad de poder ejecutar las disposiciones que establece dicha ley.

A partir de 1996 y con las nuevas aportaciones reglamentarias en materia de gestión ambiental para las ANP, se ha promovido la elaboración de programas de manejo de las mismas. Estos documentos constituyen el instrumento principal de gestión de las ANP, ya que en ellos se establece la regulación correspondiente a las políticas, estrategias, zonas y actividades relativas a la conservación, protección, aprovechamiento e investigación.

Como se había señalado anteriormente, una constante a lo largo de la historia de la conservación de la biodiversidad de México había sido la falta de un presupuesto que permitiera la efectiva conservación *in situ* de sus recursos. No es hasta el año 2000 cuando México empieza a reconocer la importancia de las ANP como espacios en los que se exploran alternativas tanto para la conservación de los recursos como para su manejo, y contribuir con ello al desarrollo sustentable del país. Es así como el presupuesto que en 1995 fue destinado para las ANP ascendió a 10,9 millones de pesos, para 2000 fue de 142,7 millones y para 2008 llegó a 983,9 millones de pesos (Bezaury, 2009).

Actualmente, y de acuerdo al Programa de Áreas Naturales Protegidas 1995-2000 (SEMARNAP, 1996), México reconoce que la existencia de las ANP “*generan una matriz territorial para iniciativas de conservación y desarrollo sustentable*”. Uno de los objetivos del programa es lograr que las ANP se conviertan en elementos que impulsen el desarrollo regional desde una perspectiva de la sustentabilidad, y es así como se proponen 10 estrategias de trabajo: Consolidación de sistemas de manejo; Ampliación del alcance y representatividad del SINAP; Descentralización, rescate y recategorización de Parque Nacionales; Desarrollo de organizaciones internas e instituciones locales; Fortalecer el financiamiento; Promover la participación y corresponsabilidad social; Promoción de oportunidades de desarrollo regional; Fortalecer la coordinación interinstitucional; Impulsar la educación, capacitación y desarrollo de cuadros técnicos; y Construir un sistema de información de la biodiversidad de las ANP.

Sin embargo, es necesario señalar que si bien el Gobierno Federal apenas ha reconocido la importancia que las ANP tienen para el país, no lo es así para la mayoría de los mexicanos, ya que de acuerdo a una encuesta realizada por Bezaury *et al.* (2007) la ciudadanía no valora lo que representan las ANP en términos de los beneficios que les representan más allá de la propia conservación de la biodiversidad.

Así, algunos de los servicios ecosistémicos que les proveen son los servicios de provisión, que incluyen: alimentos (cultivos, ganado, pesquerías de captura, acuicultura, alimentos silvestres); fibra (madera, algodón -cáñamo-seda, leña); recursos genéticos; productos bioquímicos, medicinas naturales, productos farmacéuticos; regulación de la calidad del aire; regulación del clima (tanto a nivel global, regional y local); regulación del agua; regulación de la erosión; regulación de enfermedades; regulación de pestes; polinización; regulación de los riesgos naturales; servicios culturales, que incluyen valores espirituales y religiosos; valores estéticos, recreación y ecoturismo (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Se reconoce ya que el cambio climático está causando no solo un rearrreglo geográfico de distribución de las especies, sino también extinciones de especies (Root *et al.*, 2003; Pounds *et al.*, 2006). La conservación de la biodiversidad ha constituido un reto para la humanidad, y el establecimiento de ANP ha representado la alternativa más viable de conservación a nivel mundial. Sin embargo, un nuevo componente en la fórmula de la conservación está siendo considerado, y es el cambio climático global.

En este sentido, es necesario, por un lado, evaluar si las ANP en realidad son una respuesta viable en una era que se está caracterizando por un rápido cambio en las condiciones del clima alrededor del mundo (Hannah *et al.*, 2007), y por otro, replantear el paradigma de la conservación, considerando tanto la adaptación como la mitigación (IPCC, 2001b; Hannah *et al.*, 2005).

1.2.4.2. Los Parques Nacionales en México

Los Parques Nacionales (PN) representan la categoría de protección más antigua dirigida hacia la conservación de las áreas naturales. De acuerdo a la IUCN (2004), el primer Parque Nacional fue el de Yellowstone, creado en 1872 en Estados Unidos y dirigido hacia la recreación de la población. Durante el siglo XX la idea de este tipo de áreas se fue extendiendo por todo el mundo, y fueron creados diversos parques cuyos objetivos de protección también eran diferentes: protección para la vida silvestre, protección del paisaje, etc. A finales del siglo XX casi todos los países habían adoptado sus propios criterios de selección de ANP, así como su propia legislación. En 1972, en la II Conferencia Mundial de Parques Nacionales se recomendó a la IUCN que iniciara un proceso, junto con los gobiernos de las naciones, de definir los diferentes propósitos para los cuales las distintas áreas se destinaron, así como para estandarizar una nomenclatura.

En México, el primer Parque Nacional, llamado Desierto de los Leones, fue creado en 1917 bajo la administración del entonces presidente Venustiano Carranza. A partir de entonces, la figura predominante de conservación fueron los parques nacionales, y también se crearon zonas protectoras forestales y de protección de las principales cumbres y volcanes del país (Villalobos, 2000). La justificación de creación de PN se fundamentó a partir de la preocupación por la protección del entorno de las ciudades del país, protegiendo la integridad de los ecosistemas, pero también para la recreación, educación científica y ambiental sin la presencia de humanos.

En muchos países la creación de un Parque Nacional ha significado el desplazamiento de poblados enteros hacia otras regiones, con el fin de evitar que las actividades humanas alteraran el ecosistema. En México, la creación de un número importante de PN coincidió con el periodo más activo del reparto de tierras por la Reforma Agraria, es decir, con las décadas de 1920 a 1940. Estos PN se crearon en zonas donde ya se había distribuido la tierra en ejidos, en colonias agrícolas o como pequeñas propiedades, y ante la falta de soluciones claras al respecto se generaron condiciones de inestabilidad y de

incompatibilidad para las actividades que se estaban desarrollando en ellos (Gerez, 1982). Los habitantes de estos ejidos no fueron desplazados, ni el decreto de PN fue modificado porque hubiera un ejido anterior a su creación, pues el entorno político del momento era el de promover la distribución de la tierra como un instrumento de política pública para el desarrollo social y económico del país: “*La tierra es de quien la trabaja*” fue el lema que dejó la Revolución Mexicana.

En este contexto, la declaratoria de los Parques Nacionales, en un número importante de casos, quedó como una acción de gobierno “en letra muerta” que no pasó del papel, tanto así que durante mucho tiempo a muchos de los PN se les llamo “Parques de papel”, pues no se impulsaron medidas concretas, y no contaban con una estructura e infraestructura institucional o presupuesto alguno para que los objetivos de protección a la naturaleza se hicieran realidad.

Todo esto ha provocado como consecuencia que los ecosistemas objeto de protección de este tipo de categoría de conservación, a la fecha, se encuentren en diversos grados de deterioro ocasionado por las actividades agrícolas, el libre pastoreo, la extracción clandestina de madera, la extracción de materiales pétreos, etc., es decir, un paisaje que en nada coincide con los objetivos de un Parque Nacional. Esto hizo que a nivel del Programa de ANP 1995-2000 se considere que los PN requieren un análisis y tratamiento especial, no solo por las condiciones de deterioro de sus recursos, sino por su compleja problemática jurídica y su influencia a nivel local o urbana. En este sentido, el programa contempla la descentralización, rescate y recategorización o derogación de los PN del país.

Fue así que a partir del 2001 fueron derogados 27 Parques Nacionales en todo el territorio nacional de acuerdo al CNANP (Consejo Nacional de Áreas Naturales Protegidas), por no cumplir con los criterios establecidos en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) en materia de Áreas Naturales Protegidas (CONANP, 2011), lo cual representa un avance en materia de conservación para el país, al iniciar acciones que fortalezcan el sistema nacional de ANP.

Sin embargo, debido a la falta de coordinación que ha existido entre las instancias agrarias y las de conservación a nivel federal, y que aun no se ha resuelto del todo, se han creado vacíos (indefinición de la propiedad; imprecisiones jurídicas sobre los derechos de utilización de los recursos forestales; la carencia de un adecuado control institucional para valorizar y

regular el acceso a los bosques; la ausencia de mecanismos adecuados de asociación entre propietarios e inversionistas, etc., según la SEMARNAP, 1996), que han favorecido la ampliación de ejidos, la apertura de áreas con actividad agropecuaria, así como la creación de asentamientos humanos dentro del territorio de zonas de protección. Así, la transferencia de zonas que han pertenecido a las ANP hacia el reparto agrario ha sido y continua siendo uno de los problemas más graves que el país debe resolver en materia de conservación, no solo de la biodiversidad, sino de importantes servicios ecosistémicos de los que dependen innumerables especies de flora y fauna e incluso la propia especie humana.

1.2.5. Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) frente al escenario del cambio climático

Las ANP han sido consideradas como la mejor alternativa para la conservación de la biodiversidad (Bruner *et al.*, 2001). Sin embargo, hoy dicha alternativa se está revalorando frente al cambio climático, poniendo a prueba la red de reservas y su eficiencia en la conservación de flora y fauna (Halpin, 1997; Hannah *et al.*, 2007; Lawler, 2009), así como en la provisión de servicios ambientales (Torres y Guevara, 2002; Bezaury, 2009). Se estima que en las ANP se encuentra el 15% del carbono terrestre y los servicios de abastecimiento de los ecosistemas para la reducción de desastres, suministro de agua, alimentos y salud pública (Dudley *et al.*, 2010).

Bellón *et al.* (1997) señalan que si se mantuvieran las coberturas de vegetación presentes en las ANP se capturaría en un período de 100 años entre 500 a 600 millones de toneladas de carbono. Por su parte, Maser *et al.* (2001) estimaron que la vegetación aérea de los bosques de coníferas de México almacena 118 ton/ha de carbono, el suelo 120 ton/ha, las raíces 19 ton/ha, y en total 257 ton/ha de carbono, todo lo cual resulta más importante si se considera que la gran mayoría de esos bosques se encuentran en ANP y solo el 1% de estos se encuentra protegido junto con los bosques de encino (SEMARNAP, 1996).

De acuerdo a Vega-López (2008), aun cuando el carbono existente en los bosques en pie actualmente no tiene un valor en el mercado, el valor teórico máximo estimado de la existencia de carbono dentro de las ANP federales y estatales de México representaría un total de 34.173 millones de US\$, correspondientes al pago de 2.637 MtonCO₂e (megatoneladas de

carbono equivalente), por lo que se propone que las ANP se integren a los programas REDD+ (Angelsen *et al.*, 2010).

No obstante, hay importantes cuestionamientos en torno a su efectividad, no solo respecto al éxito en la conservación de la biodiversidad, en especial para los ecosistemas tropicales, sino sobre su contribución al mejoramiento de la calidad de vida de las poblaciones locales que viven dentro o cercanas a las ANP (Vanclay *et al.*, 2001). En México, el 2,5% de la población total nacional y el 5,7% de la población total rural se encuentran en las ANP, y el 60% de la superficie dentro de las ANP corresponde a propiedad social (Bezaury, 2009).

Se considera que frente al cambio climático es muy previsible que las ANP no tengan la capacidad de responder y lograr mantener las especies dentro de sus límites territoriales, pues cada vez se encuentran rodeadas de hábitats alterados o destruidos principalmente por actividades antrópicas. Ante este panorama, surge la pregunta de si las ANP son la respuesta a la rápida modificación de las condiciones climáticas determinadas por el calentamiento global. Ante esta incertidumbre, han surgido investigaciones en torno a determinar o encontrar las mejores alternativas y mecanismos que permitan mantener los acervos genéticos de la biodiversidad alrededor del mundo. En la Figura 1.1 se presentan las Áreas Naturales protegidas reconocidas para México de acuerdo a Bezaury (2009).

Así, Millar *et al.* (2007) han propuesto considerar tres alternativas: promover la resistencia, la resiliencia y el cambio en las reservas ya existentes. Es decir, crear redes de reservas para que las especies puedan contar con un espacio que les permita moverse y tener lugares a donde ir (Halpin, 1997; Shafer, 1999), incrementar el tamaño de las existentes con áreas buffer y adicionar una red de reservas entre las ya existentes (Halpin, 1997; Shafer, 1999; Noss 2001), preservando con ello una amplia variedad de condiciones ambientales que faciliten el movimiento de las especies dentro de la reserva.

Es necesario considerar que si bien en épocas pasadas el planeta presentó cambios climáticos importantes, hoy la influencia del sistema económico adoptado por las grandes sociedades del planeta, además de acelerar el proceso de un cambio en las condiciones climáticas de la Tierra, ha alterado dramáticamente el uso del suelo a partir de la introducción de actividades agrícolas, el establecimiento de zonas urbanas, la desviación de ríos, presas, etc., que han causado la degradación ambiental en muchos ecosistemas del mundo.



Figura 1.1. Distribución de las Áreas Protegidas de México (tomado de Bezaury, 2009).

En el caso particular de México, Villers-Ruiz y Trejo-Vázquez (1998), en un estudio realizado a partir de modelos de circulación general, evaluaron el impacto a gran escala que tendrá la duplicación de CO₂, utilizando mapas de zonas ecoclimáticas de trazado de la vegetación para 33 áreas naturales protegidas continentales de México, que representan el 72% del total del total de ANP del país, concluyeron que 9 de ellas quedarían dentro de la misma zona de vida y 24 sufrirían cambios. Por otra parte, Hannah *et al.* (2007) utilizaron estudios realizados en México sobre el efecto del cambio climático en la distribución de múltiples especies de flora y fauna adaptándolos para la aplicación de algoritmos de selección de reservas. Usando el modelo GARP (del inglés *Genetic Algorithm for Rule set Production*, algoritmo genético basado en reglas) de distribución de las especies, encontraron que los aumentos en superficie de las ANP serán necesarios para compensar la distribución de las especies alteradas por el cambio climático. La cantidad de área adicional requerida dependerá de la geografía física y biótica de las

distintas regiones y grupos taxonómicos, así como del nivel de cambio climático experimentado.

Es así como, de cara a la nueva realidad que impone el cambio climático, se requiere de una nueva perspectiva que considere ampliar la escala espacial y temporal de la gestión, planificación y reconsideración de la dimensión social en términos de la conservación de los ecosistemas en el país. Conservar la biodiversidad en un contexto de cambio climático representa un doble desafío no solo para México, sino para todas las naciones del mundo, ya que se requiere considerar tanto la adaptación (donde podrían entrar las diversas estrategias de conservación señaladas) como la mitigación (es decir, la estabilización de los GEI). Al respecto, y de acuerdo a su posición respecto a la reducción de emisiones por deforestación y degradación ambiental (REDD+) en la pasada reunión COP16-CMP6 celebrada en Cancún en 2010, México ha manifestado su apoyo a favor de un enfoque flexible que permita las actividades REDD+ bajo un enfoque nacional, subnacional y de proyecto bajo la lógica de un sistema de contabilidad nacional. Así mismo, México también apoya que estas actividades reconozcan las actividades de los pueblos indígenas y las comunidades locales que habitan los bosques, reconociendo los co-beneficios asociados a la conservación de los ecosistemas y los servicios ecosistémicos que proporcionan.

1.2.6. El contexto social en las acciones de conservación de bosques

A nivel mundial se considera que existen 370 millones de hectáreas bajo manejo comunitario en cuatro tipos diferentes de manejo, que coinciden en los siguientes puntos: existen importantes beneficios para la conservación de la biodiversidad a nivel de especies y ecosistemas; tienen mayor impacto que las zonas bajo protección como las ANP; reducen la presión sobre los bosques, ya que existen mecanismos de apoyo financiero para aumentar los ingresos de la gente; y existe una mayor garantía en cuanto al respeto a los derechos humanos (Molnar *et al.*, 2004).

Desde principios de los años 80's del siglo XX se considera que el 80% de los bosques y selvas de México se encuentran en manos de ejidos y comunidades, pero esta cifra no tuvo una base concreta de demostración (Barton y Merino, 2004). Madrid *et al.* (2009), en un estudio reciente, determinaron que en realidad el 60% de los bosques y selvas del país se encuentra bajo un esquema de propiedad social. Así mismo, señalan que de la superficie del país (casi 195 millones de hectáreas), solo una tercera parte lo

integran los bosques y las selvas, y la mitad (51,4%) del total del territorio nacional se encuentra bajo un esquema de propiedad social que pertenece a ejidos o comunidades. Así, señalan que México representa uno de los países a nivel de Latinoamérica con una amplia trayectoria respecto a la experiencia que las comunidades y ejidos han tenido, tras un largo período en el que solo se mantuvieron como espectadores de la explotación a la que estaban sujetos sus bosques (Bray *et al.*, 2007, Larson *et al.*, 2010).

En general, para el país existe una amplia lista de experiencias, como las de Guerrero, Veracruz, Durango, Oaxaca, Edo. de México, Chihuahua, Quintana Roo y Campeche (Madrid *et al.*, 2009), que han demostrado las oportunidades que brinda la propiedad social de los bosques, y que se pueden resumir en los siguientes puntos:

- 1) La conservación de los recursos naturales, ya que los bosques (o selvas) son uno de los escasos bienes que los pobladores tienen y que heredan de generación en generación, por lo que se convierten en su patrimonio, al que confieren un valor importante, por lo que protegerlos y aprovecharlos forma parte de una estrategia de supervivencia.
- 2) Se ha logrado un desarrollo local y nacional, ya que cuando las comunidades han reconocido que sus bosques constituyen su único capital y lo manejan de manera sustentable, han logrado un desarrollo en sus localidades, con lo que se reduce la pobreza, se disminuye la migración, se genera capital humano y se revitalizan diversos sectores económicos a la par de proteger los recursos naturales.
- 3) Formación de capital social, ya que se han creado instituciones comunitarias locales y regionales capaces de administrar empresas forestales comunitarias que manejan de manera sustentable sus bosques, deciden el uso de su territorio, la asignación de recursos y de utilidades, entre otros.

Todas estas oportunidades son el resultado de un largo proceso de desarrollo de capacidades organizativas, técnicas y de gestión que han contribuido a lograr una madurez que ha permitido a las comunidades rurales lograr negociaciones internas y externas para conseguir capital que financie sus actividades. Mantener vigente todo este logro requiere, por lo tanto, de políticas públicas que impulsen, promuevan, repliquen y no detengan estos valiosos procesos.

Por otro lado, México es un país que se caracteriza por ser uno de los 12 países megadiversos, ya que alberga entre el 60 y 70% de la biodiversidad

total del planeta (Mittermeier y Goettsch, 1992). Además, esa biodiversidad se encuentra estrechamente vinculada con la riqueza cultural a nivel de etnias, pues varios centros de diversidad biológica coinciden, en cierto punto, con las regiones (655 municipios netamente indígenas) donde actualmente se encuentran los pueblos indígenas (aquellos en los que existen hablantes de lengua indígena), y donde, de acuerdo a Boege (2008) y con datos de 2005, vive el 9,8% de la población nacional. Así, los territorios indígenas constituyen una nueva unidad espacial que es cualitativa y cuantitativamente diferente a los territorios de comunidades y ejidos, y que por lo tanto constituyen entidades política, social y económicamente diferentes (Larson *et al.*, 2010). Desde esta perspectiva, el paisaje nacional debe ser entendido a partir de un amplio espectro de variables: culturales, sociales, económicas, políticas y ecológicas, etc., y es así como se desprende un enfoque biocultural para la conservación (Boege, 2008).

Se subraya que en las regiones bioculturales se encuentra una importante organización social y cultural que garantiza la custodia, conservación y el desarrollo *in situ* del patrimonio biocultural, que “*constituyen una pieza clave para generar un nuevo modelo de sociedad, donde se intenta afrontar la crisis civilizatoria y ambiental a nivel mundial*”. Considerando los diversos instrumentos institucionales que en el país se han creado para un diagnóstico o análisis de la biodiversidad de México, el autor parte de un análisis de distribución del territorio de los pueblos indígenas, sobreponiendo estos con los territorios ocupados por las ANP y los territorios de las Regiones Terrestres Prioritarias definidas por la Comisión Nacional para la Conservación de la Biodiversidad (CONABIO).

En México se distinguen 23 Regiones Bioculturales Prioritarias para la Conservación y el Desarrollo. Considerando que el 14,3% del territorio nacional es territorio de pueblos indígenas, donde se encuentran presentes los 45 tipos de vegetación considerados en la Serie III 2004 del INEGI, es de destacar que más del 50% de las selvas medianas caducifolias, selvas altas perennifolias, selvas medianas subcaducifolias, bosques mesófilos de montaña y selvas medianas subperennifolias que existen en el país se encuentran en territorio indígena (Boege, 2008).

Por otro lado, en un estudio a nivel de país (Durán-Medina *et al.*, 2007) se analizó comparativamente desde el punto de vista ambiental, social y financiero el modelo de conservación de 67 ANP y el modelo de 22 ejidos que implementan el Manejo Forestal Comunitario. La hipótesis del estudio fue que las áreas en las que se realiza un manejo forestal comunitario con buena

organización mantienen las coberturas de bosque a niveles comparables con el mantenimiento de vegetación nativa dentro de las ANP.

La mayoría de estas empresas se ubican en bosques templados, en donde generan empleos en sus comunidades, lo que hace que los ejidatarios perciban al bosque como un bien y que se promueva el crecimiento en superficie y calidad de sus bosques, implementando acciones que favorecen la conservación. Como principio necesario para aplicar este modelo de conservación, es indispensable partir de una buena organización social interna del ejido o comunidad. El estudio en cuestión dirigió el análisis hacia dos aspectos que impactan la conservación de la biodiversidad: los procesos de cambio en las coberturas de vegetación y usos del suelo. Se demostró que las tasas de cambio en el uso del suelo no fueron estadísticamente diferentes entre ejidos y ANP, y que ambos modelos permiten el mantenimiento de la vegetación nativa.

Por otro lado, los usos de suelo antrópicos aumentaron (para un período de 7 años) en las ANP a pesar de la existencia de los decretos de protección, evidenciando con ello que la efectividad de un ANP puede deberse más a su ubicación y/o aislamiento que a las restricciones que impone el decreto legal o plan de manejo. La deforestación se presentó en distintos tipos de vegetación de las ANP analizadas, cuya proporción fue similar a la de cultivos y pastizales, mientras que en los ejidos es un proceso que limita la conversión de los bosques, especialmente en áreas donde se lleva a cabo el manejo comercial. Estos y otros argumentos han probado que no existe una diferencia significativa en las condiciones de los bosques de un ANP y de los regulados por reglas definidas por las propias comunidades (Hayes, 2006).

1.2.6.1. La propuesta REDD+ desde la óptica de la tenencia de la tierra de los bosques y su gente

Los países en vías de desarrollo contienen en sus territorios la mayor parte de la superficie arbolada del planeta. Esto trae consigo el mantenimiento no solo de una cobertura forestal, sino de los innumerables servicios ambientales que proveen, que representan a su vez requisitos imprescindibles de vida para muchas comunidades rurales. En este sentido, considerando esto como un argumento, surgió una propuesta de mitigación del calentamiento global evitando la deforestación y degradación de los bosques, conservándolos, así como a los almacenes de carbono que estos contienen (REDD+), tal como se ha comentado en un apartado anterior. En este sentido,

el contexto de cambio climático ofrece una nueva visión hacia los bosques, donde su manejo sustentable representa una vía para el desarrollo económico del sector forestal, el desarrollo socioeconómico de las comunidades y ejidos y la mitigación del cambio climático. Esta iniciativa, que surgió en 2007 en el seno de la ONU, y fue aplaudida en 2011 dentro de la Conferencia de Partes 2010 de Cancún, se vislumbra como una iniciativa a la que es necesario realizar ciertos ajustes, pues de acuerdo a White (2011) y otros estudios, se argumenta que REDD fracasará a menos que los gobiernos den prioridad a la restauración de bosques degradados y promuevan la conservación de las comunidades y empresas forestales.

La creación de REDD implicó a su vez la apertura de mercados de carbono y atraer financiamiento hacia los países en vías de desarrollo desde los países desarrollados, quienes han destinado 4.500 millones de dólares con la finalidad de que los primeros se preparen para el comercio del carbono forestal (Larson *et al.*, 2010).

Sin embargo, una realidad que de pronto se ha convertido en una constante preocupación, y por lo tanto representa un reto, es la indefinición respecto a los derechos de propiedad de los bosques de zonas rurales; es decir, hay incertidumbre sobre quien posee la tierra, el bosque y el carbón que en él se almacena (Larson *et al.*, 2010; Corbera *et al.*, 2011; Cronkleton *et al.*, 2011), de tal manera que la certidumbre en los sistemas de tenencia de la tierra son fundamentales para garantizar la legitimidad de las estrategias REDD+ (Corbera *et al.*, 2011). Por tenencia de la tierra se entiende el derecho que determina quien puede tener y hacer uso de la tierra (incluyendo los bosques y otros paisajes) y los recursos que contiene durante un período de tiempo y bajo ciertas condiciones (Sunderlin *et al.*, 2009).

White (2011) señala que para que REDD+ tenga éxito se requiere apoyar a las comunidades y no a los mercados de carbono, a través de un nuevo instrumento complementario denominado GREEN, que de acuerdo a sus siglas en inglés se llama *Growing Restoration Employment and Energy Now* (en español VERDE, Crecimiento Restauración Empleo y Energía Ahora). Por tanto, GREEN no es sólo un complemento opcional para REDD, sino que es crucial para su éxito final.

Por otra parte, Larson *et al.* (2010) señalan que en el diseño y desarrollo de estrategia y proyectos REDD+ no se ha puesto suficiente atención a cuatro aspectos relacionados con la comunidad colectiva, las tierras indígenas y sus derechos:

- A) Pocos países han integrado tanto a las comunidades forestales y grupos indígenas al proceso nacional de decisión de una estrategia REDD+, y México es uno de ellos.
- B) Al implementarse la estrategia REDD+ por las comunidades rurales será necesario conocer “por qué” y “dónde” se desarrollarán las actividades y “quién” tiene derecho a los flujos de carbono y sus beneficios.
- C) Las estrategias actuales no están abordando el tema de la distribución de incentivos dentro de las comunidades, por considerar que éstas cuentan con mecanismos propios de distribución; sin embargo, no siempre son equitativos, y esto puede cuestionar al papel que juegan los actores externos.
- D) REDD+ podría tener efectos perjudiciales si está supeditado al éxito de los Programas de Pago por Servicios Ambientales (PSA), que son recientes y aun no concluyentes.

En términos generales, las iniciativas REDD+ tendrán que resolver los problemas de tenencia, así como la manera de distribución de los derechos y obligaciones que de ellas se deriven. Actualmente muchas comunidades que viven en los bosques no tienen asegurados sus derechos, y perciben a REDD+ como una amenaza a su medio de subsistencia, que es el bosque (Cronkleton *et al.*, 2011).

La experiencia surgida a partir del Manejo Forestal Comunitario sugiere que tanto las comunidades forestales y los pueblos indígenas estarán dispuestos a comprometerse con REDD+ solo si participan en el diseño e implementación de estrategias y proyectos, asegurándoles sus derechos sobre el carbono presente en sus bosques (Larson *et al.*, 2010; Cronkleton *et al.*, 2011).

1.2.7. El Programa Veracruzano ante el cambio climático (PVCC)

México incursionó en 1993, a partir de la firma de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, en el escenario mundial de la lucha para enfrentar el cambio climático y adoptó la primera estrategia nacional sobre dicho tema en el año 2000. Posteriormente, en 2007 dentro del Plan Nacional de Desarrollo, estableció la elaboración de un Programa Especial de Acción Climática en el que se plantean como estrategia a nivel país dos líneas de acción basadas en el artículo 10 del Protocolo de Kyoto: la mitigación de las emisiones de GEI y la adaptación ante los impactos adversos previsibles.

Dentro de la última línea, el Instituto Nacional de Ecología (INE/SEMARNAT), mediante la Coordinación del Programa de Cambio Climático (CPCC), asesora técnicamente a las entidades federativas (estados) del país en la elaboración de su Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático (PEACC). Estos PEACC representan los instrumentos de apoyo para los gobiernos estatales en el diseño de políticas públicas y acciones en materia de cambio climático, que permean hasta el nivel municipal de los estados, y que finalmente forman parte de la política nacional en dicho ámbito.

Los PEACC como insumos *“consideran las principales características sociales, económicas y ambientales de cada estado, las metas y prioridades de los planes de desarrollo estatales, el inventario estatal de emisiones de Gases de efecto Invernadero (GEI); los escenarios de emisiones de GEI y de cambio climático a nivel regional, identificando acciones y medidas para reducir la vulnerabilidad ante los impactos del cambio climático y las emisiones de GEI en los sistemas naturales y humanos de interés para el estado”*. A la fecha 26 de los 32 estados se encuentran ya en proceso de desarrollo de sus PEACC, con diferentes grados de avances (<http://www2.ine.gob.mx/sistemas/peacc/> consultado el 16 de marzo del 2011).

Dentro de este contexto, en 2008 y con fondos del Gobierno de Gran Bretaña se financiaron los estudios para elaborar el Programa Veracruzano de Acción Climática (PVCC), invitando a cerca de 80 académicos coordinados por la Universidad Veracruzana y con la participación tanto de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) como del Instituto de Ecología Asociación Civil. La elaboración de este programa representó un esfuerzo multi-institucional y transdisciplinario, que tuvo como objetivo proporcionar información confiable y con base científica a un abanico amplio de lectores: tomadores de decisiones de los diferentes órdenes de gobierno, líderes sociales, políticos y culturales, entre otros, del Estado de Veracruz. Incluyó la situación que guarda el territorio veracruzano frente al cambio climático, su vulnerabilidad, así como las propuestas de adaptación y mitigación de emisiones y los retos legales e institucionales que el estado veracruzano debe afrontar, finalizando con una serie de propuestas de seguimiento y evaluación (PVCC, 2008).

1.2.7.1. Emisiones de GEI para Veracruz

Las emisiones de GEI están directamente relacionadas con el crecimiento industrial y urbano. En este aspecto, el Estado de Veracruz

observó entre 1990 y 2005 un aumento importante del 400% de GEI, de los cuales el 5% correspondió a emisiones de CO₂ que, de acuerdo al inventario nacional del 2002, proviene de la generación de energía, agricultura y ganadería, sectores de los cuales se cuenta con información suficiente y adecuada para hacer las estimaciones. Veracruz aporta a nivel nacional el 20% de la generación de energía a partir de combustibles fósiles, especialmente de petróleo, que empieza a ser sustituido a partir del 2001. Esta generación de energía proviene en un 69% de la industria termoeléctrica, en un 30% de la industria nucleoelectrica (específicamente de la Planta Nuclear de Laguna Verde) y en un 1% de la industria hidroeléctrica.

La industria petrolera en el estado de Veracruz contribuye a las emisiones de CO₂ en las etapas de producción de petróleo y gas natural, almacenamiento, refinación de petróleo crudo, así como en las actividades relacionadas con el proceso, transporte y distribución de gas natural.

Veracruz es un estado en el que la actividad económica está fuertemente vinculada con el sector primario, es decir con la agricultura (92% de temporal para el año 2000) y la ganadería. Considerando los datos de 2004 (PVCC, 2008), el sector agropecuario contribuyó a las emisiones de GEI con 5,3 Mton de CO₂, posicionándolo en segundo lugar después del sector eléctrico (con 13,8 Mton de CO₂) y por encima del sector petrolero (con 3,8 Mton de CO₂).

1.2.7.2. Variabilidad del clima en el territorio veracruzano

Veracruz es un estado de la Republica mexicana que se caracteriza por tener una amplia diversidad de climas. Este estado tiene una superficie de 72.410,05 km², y con sus 212 municipios representa el 3,7% del territorio del país. Está ubicado entre los 17°03 y los 22°27' de latitud norte y los 93°36' y 98°38' de longitud oeste (INEGI, 2005) (Figura 1.2).



Figura 1.2. Ubicación del estado de Veracruz en México (tomado de <http://www.conabio.gob.mx/otros/comunicacion/carteles/doctos/Veracruz.pdf1>)

Veracruz tiene una ubicación privilegiada, pues se encuentra entre la Sierra Madre Oriental y el Golfo de México, con lo cual tiene una amplia variedad de climas. En términos generales el territorio veracruzano puede ser regionalizado en climas cálido, cálido subhúmedo, semiseco, templado húmedo, templado subhúmedo y templado semifrío (Figura 1.3).

Clima

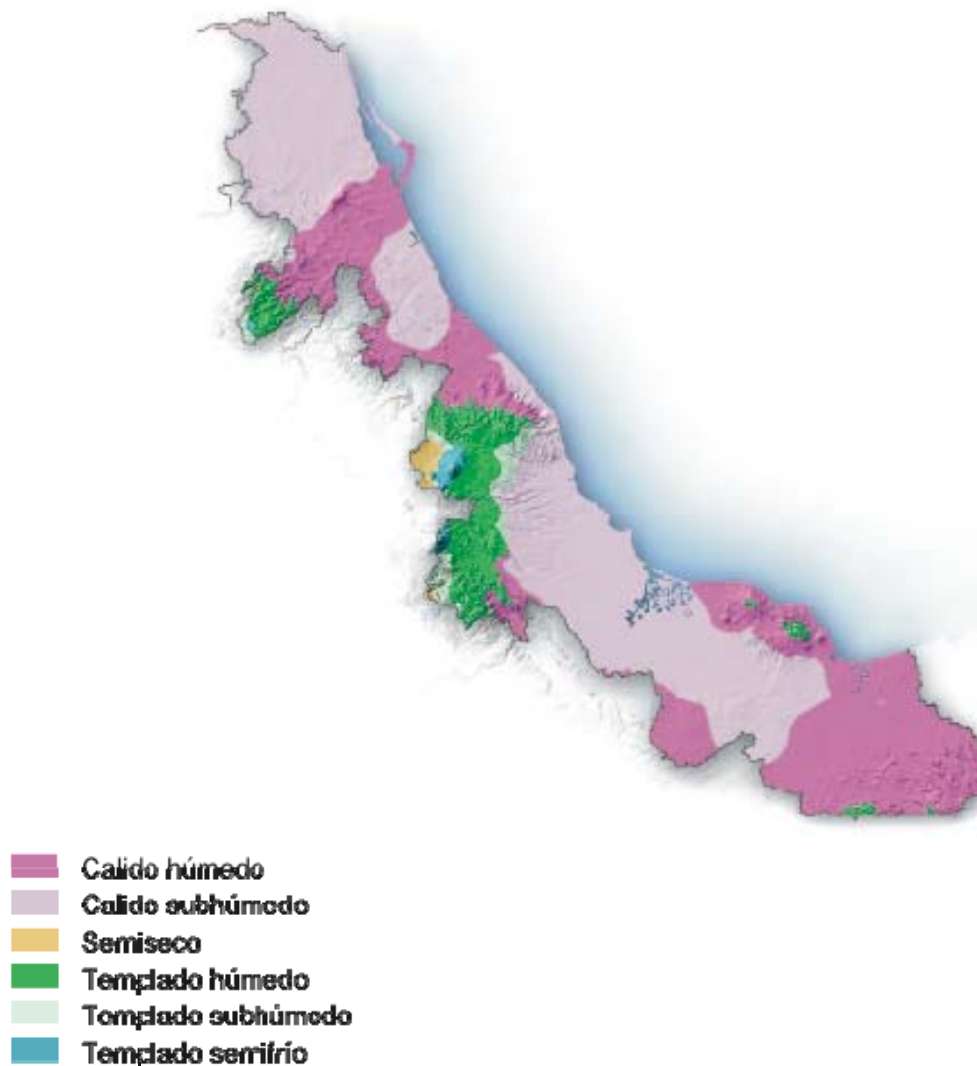


Figura 1.3. Climas del estado de Veracruz (tomado de <http://www.conabio.gob.mx/otros/comunicacion/carteles/doctos/Veracruz.pdf>)

El mes más frío para todo el territorio es enero, el más caluroso es mayo para el sur y centro, mientras que para el norte es junio. En cuanto a las lluvias, el comportamiento varía de acuerdo a la región. Para el norte y sur el mes más lluvioso es septiembre, cuando llegan las tormentas tropicales y las ondas del este. Para el centro del estado es julio el mes más lluvioso. Por otro lado, se tienen dos períodos menos lluviosos, uno de ellos corresponde al invierno (diciembre-febrero) y el otro a la primavera (marzo a mayo). Sin embargo, esta dinámica se ha visto alterada a consecuencia del calentamiento global provocado por la acción del hombre a través de la emisión de gases de efecto

invernadero hacia la atmósfera, por lo que el clima a escala global se verá alterado.

De esta manera, el Plan Veracruzano de Acción Climática (PVCC) ofrece una serie de modelos y proyecciones relacionados con el cambio y la variabilidad del clima del Estado de Veracruz, a partir de una red de estaciones meteorológicas que aportaron información durante al menos cinco décadas. Sin embargo, a partir de agosto de 2007 hubo una reducción en cuanto a los puntos de registro, pasando de 379 a 168 estaciones que continúan en operación. A partir de la información concentrada en dichas estaciones se construyeron para el período de 1958-2004 tres componentes principales de la lluvia (EOF): la tendencia a largo plazo, las oscilaciones de baja frecuencia y la variabilidad.

Respecto a la temperatura, se calculó la anomalía de temperatura media, para el período de 1971 a 2007, usando como período de base la media de 1971 a 2000, y así se pudieron distinguir dos períodos cálidos (1971-1982 y 1998-2007) y uno frío (1984-1997).

1.2.7.3. Escenarios climáticos

Se sabe que los escenarios de cambio climático utilizados para desarrollar proyecciones del clima a futuro se basan en condiciones climáticas observadas durante un período de 30 años, por lo que se empleó el período de 1961-1990 como escenario base, y se utilizaron como herramienta los modelos de circulación general que también son empleados para la simulación de la atmósfera y el océano a nivel global.

Por otro lado, para la generación de escenarios de cambio climático utilizados en estudios de impacto es necesario considerar diversos escenarios socio-económico-ambientales, tales como las emisiones y concentraciones futuras de los gases de efecto invernadero y de aerosoles, que representan variables dependientes del desarrollo socioeconómico (PVCC, 2008).

Bajo este contexto, y considerando lo propuesto por el IPCC tanto en el tercer como en el cuarto informe respecto al uso de cuatro escenarios de emisiones (A1, A2, B1 y B2), para el PVCC se consideraron los escenarios A2 y B2, que tienen un enfoque hacia el desarrollo regional y consideran valores intermedios de crecimiento en emisiones de GEI, así como crecimientos poblacionales de 100 y 160 millones de habitantes respectivamente para el año 2100.

Por otro lado, considerando que el clima a futuro variará de año en año y de década en década, y con la finalidad de reducir los efectos de la variabilidad esperada, se utilizaron los promedios de períodos de 30 años (2011 a 2040, 2041 a 2070, 2071 a 2100), generalmente denominados escenarios al 2020, 2050 y 2080. Finalmente, para reducir la incertidumbre en el uso de modelos de circulación general, y siguiendo lo establecido por el IPCC, se eligieron aquellos modelos que cumplieran con cuatro preceptos: actualidad, resolución, validez y representatividad de sus resultados, pero además se siguió el criterio de seleccionar aquellos que están siendo utilizados por otros países latinoamericanos como Cuba, Brasil o Argentina, entre otros.

De esta manera, los escenarios base de temperatura y de precipitación se construyeron a partir de la información de 143 estaciones climatológicas del estado de Veracruz agrupadas en cuatro regiones hidrológicas. Para cada estación climatológica se utilizaron las salidas más actualizadas (mostradas entre paréntesis) de tres modelos de circulación general (MCG): el inglés Hadley (HadCM2), el alemán Echam (Echam4) y el norteamericano GFDL (GFDLR30). Para el modelo regional Hadley (HadRCM) y el escenario de emisiones A2 fue utilizado el sistema PRECIS (Providing Regional Climates for Impacts Studies).

1.2.7.4. Vulnerabilidad de la biodiversidad

En términos generales, el escenario más aceptado considera que los accidentes extremos del clima, tales como sequías, lluvias abundantes, mayor incidencia de huracanes y depresiones tropicales, serán cada vez más frecuentes en los próximos años. Además se presentarán dos fenómenos de gran magnitud: un cambio en las condiciones térmicas de la corriente del Golfo y un aumento en el nivel de los mares como consecuencia del deshielo de los glaciares continentales y la dilatación térmica del mar. Esto último es de vital importancia, ya que el territorio veracruzano contiene en su litoral importantes núcleos de población, que de acuerdo a proyecciones previstas se verán afectados por ese aumento del nivel mar. Se ha estimado que entre 1950 y 1990 el mar del Golfo aumentó en promedio 13 cm, y se ha proyectado que para el año 2100 habrá aumentado 36 cm (PVCC, 2008).

Veracruz es considerado entre los estados biológicamente más importantes de México al contener prácticamente todos los tipos de vegetación presentes en el país (Rzedowski, 1978), y por su riqueza florística se coloca en tercer lugar después de Oaxaca y Chiapas. Teniendo en cuenta la magnitud y

velocidad del cambio climático, se espera una respuesta diferenciada de los diversos ecosistemas: por un lado se espera que aumente el área de distribución de algunas especies, pero por otro lado se pondrá en riesgo de extinción a especies vulnerables (PVCC, 2008).

Los escenarios de vegetación elaborados para el Estado de Veracruz consideran las siguientes premisas, dada la escala usada en el análisis:

- A) Están orientados a valorar la dinámica esperada de la vegetación como estructuras completas considerando condiciones ideales para la presencia de distintos tipos de vegetación.
- B) Para la proyección se utilizaron solo dos variables: temperatura media anual y precipitación total anual.

Con base en esto, el análisis de los escenarios para la vegetación en el estado de Veracruz son los siguientes:

1. Posible desaparición para el 2020 de la vegetación xerófila, y una ampliación de la superficie para los bosques tropicales perennifolios, caducifolios y espinosos. Se presentarán condiciones más favorables para el bosque tropical caducifolio para el 2050.
2. El Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) avanzará sobre los bosques de coníferas y de encino entre 2020 y 2050.
3. Se modificará la interfase mar-tierra por aumento en el nivel del mar, afectando a manglares y arrecifes coralinos.
4. Especies como *Pinus hartwegii*, *Pinus ayacahuite* y *Quercus oleoides* podrían desaparecer del territorio veracruzano.

Es necesario señalar que la combinación de condiciones propiciadas por el propio calentamiento global y por el ritmo impuesto por éste, ocasionarán que se sobrepase el umbral de adaptación para muchas especies. Sin embargo, se sabe de acuerdo a SAI (2006) que es poco probable que ocurra un fuerte movimiento de ecosistemas o biomas, dado que las diferentes especies que los constituyen tienen diferentes tolerancias climáticas y capacidades de migración, y responderán de manera diferente a la llegada de nuevas especies.

En términos generales de cambio en la vegetación para el estado de Veracruz, se espera el mismo patrón planteado para el país en su conjunto (Villers-Ruiz y Trejo-Vázquez, 1998): los cambios en la temperatura (+ 2°C) y precipitación (\pm 10%) propiciarán climas cálidos y húmedos, que implicarán que

los ecosistemas forestales de climas templados y bosques de coníferas de grandes elevaciones serán los mas afectados, seguidos de los bosques templados de las sierras, los bosques mesófilos de montaña y, en menor medida, los ecosistemas tropicales terrestres.

El valor del PVCC es necesario verlo desde diferentes ópticas: la participación multi e interinstitucional que permitió la interacción de académicos de diferentes disciplinas que voluntariamente participaron haciendo aportaciones desde cada una de sus experiencias académicas, teniendo como escenario común tanto el análisis del impacto del cambio climático en el estado de Veracruz, como la generación de propuestas de adaptación para algunos sectores socioeconómicos y ambientales.

Por otro lado, es necesario reconocer que si bien no es un documento del todo acabado, y aun perfectible, sí es un punto de partida que debería ser considerado por los tomadores de decisiones en los ámbitos federal y estatal para la implementación de acciones concretas y de manera coordinada entre las instituciones correspondientes.

1.2.7.5. Los bosques de Veracruz frente al cambio climático

Veracruz se encuentra frente al fenómeno del cambio climático en situación muy precaria respecto a la condición de sus recursos naturales. En el Plan Sectorial Forestal de Veracruz 2006-2028 se reconoce el deterioro evidente en la calidad de los recursos naturales del estado: salinización en las zonas bajas cercanas a la costa, compactación de suelos en potreros ganaderos con la consecuente baja productividad, suelos deteriorados por erosión, pérdida de fertilidad y contaminación por excesivo uso de agroquímicos (SEDARPA, 2006). Aunado a ello, en las últimas cinco décadas el estado perdió la mayor parte de sus bosques, selvas y vegetación de zonas inundables y, por tanto, de su diversidad biológica. En la actualidad se estima que el 75% de la superficie del estado está ocupada por actividades agropecuarias y solo un 25% mantiene la cubierta forestal con distintos grados de deterioro. Esta última está conformada por 312.625 ha de bosques templados y 975.948 ha de selvas, de acuerdo al Inventario Nacional Forestal (INF) del 2000 (SEMARNAT, 2000).

De acuerdo a SEDARPA (2006) con datos de SARH (1994) y del Inventario Nacional Forestal (INF) de SEMARNAT (2000), se encuentra que el territorio del estado de Veracruz está dominado por pastizales ganaderos y por la agricultura. Además, las tendencias de cambio de uso del suelo en el estado

siguen activas, y de acuerdo a la comparación de las cifras publicadas por los inventarios forestales de 1994 y 2000⁹ se pueden distinguir las siguientes situaciones particulares: La mayor actividad de cambio de uso del suelo se ubica actualmente en las selvas secas, los matorrales semiáridos, los manglares y las áreas inundables, con una pérdida del 9%, fundamentalmente debido a la creación de distritos de riego, expansión urbana, ampliación de zonas industriales y minería a cielo abierto; en esta última década, los bosques y selvas húmedas aminoraron su tendencia decreciente, con una pérdida del 1%, y se considera que esto puede ser resultado de que la mayor parte de las tierras aptas para cultivos y ganadería ya están ocupadas, así como debido a fenómenos sociales y económicos, como la emigración rural y el bajo valor de los productos agrícolas de temporal, generando el abandono de estas tierras con la consecuente recuperación de áreas forestales en la forma de acahuales; la expansión de la ganadería sigue activa, pues se incrementó un 13% en el período, fundamentalmente a costa de la superficie agrícola, cuya ampliación se ha aminorado en este período (Figura 1.4).

⁹ Al escribir este documento no se había liberado el inventario forestal del 2010.

Vegetación y áreas naturales protegidas

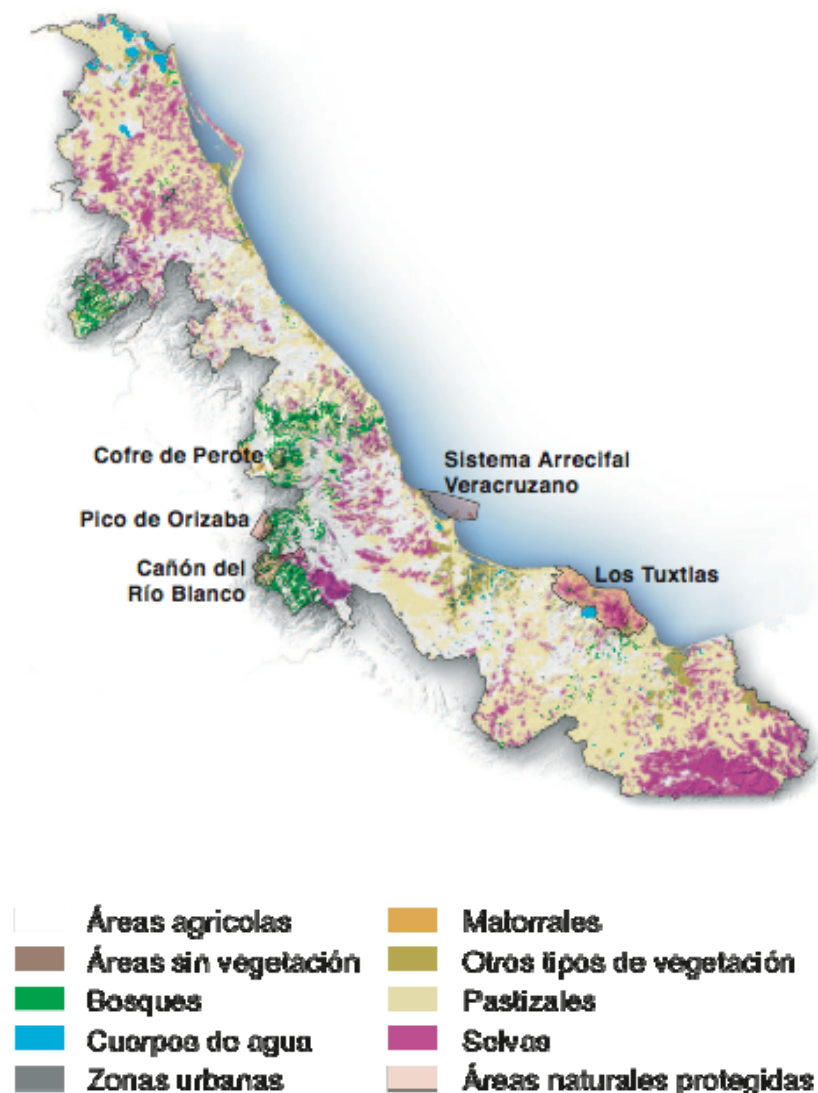


Figura 1.4. Vegetación y Áreas Naturales Protegidas del estado de Veracruz (tomado de <http://www.conabio.gob.mx/otros/comunicacion/carteles/doctos/Veracruz.pdf>).

Estas cifras no registran con claridad el efecto de la superficie repoblada con plantaciones forestales, que se iniciaron en la década de 1990 y cuya extensión se ha incrementado de forma notable a partir de 2001. Se tiene el registro de que entre 1997 y 2005 se apoyó el establecimiento de plantaciones forestales en 49.435 ha; sin embargo, no hay cifras precisas sobre la superficie plantada (SEDARPA, 2006). Las plantaciones forestales, tanto de especies templadas como tropicales, se han realizado fundamentalmente en zonas ocupadas por pastizales ganaderos, algunas parcelas agrícolas y, en menor

escala, en áreas forestales deterioradas, tanto en el norte, centro y sur, como en la zona montañosa del estado (SEDARPA, 2006).

Recientemente se están promoviendo con gran ímpetu las plantaciones para biodiesel a partir de cultivos anuales, aunque se ha generado una polémica sobre su papel dentro de las medidas para reducir los GEI, dado que es necesario establecer un monitoreo puntual para evitar “fugas¹⁰” en el uso ganadero y agrícola hacia otras tierras. Las plantaciones para biodiesel no son la mejor opción, ya que compiten por espacios para cultivos básicos como el maíz, principal alimento para la población y para el cual México ni siquiera es autosuficiente.

Lo mismo aplica para la superficie de plantaciones forestales comerciales realizadas en Veracruz, pues no se puede confirmar aún si se está promoviendo un incremento en el área forestal neta, o si existen “fugas” sin detectarse.

1.2.7.5.1. Causas del deterioro forestal

La cubierta forestal en el estado de Veracruz se caracteriza por estar sumamente fragmentada, excepto en algunas regiones donde los macizos forestales cubren superficies extensas y continuas, como es el caso de la Sierra de Zongolíca y Pico de Orizaba, Uxpanapa, Huayacocotla, Cofre de Perote y Las Choapas. Otras zonas con presencia importante de fragmentos de bosques y selvas son la Sierra de Chiconquiaco y de Misantla, Sierra de Otontepec y Los Tuxtlas. Este panorama es el resultado directo de las políticas de desarrollo económico impulsadas en Veracruz durante décadas, dirigidas a promover la actividad agrícola y ganadera de forma preponderante (Skeritt, 1993). El efecto indirecto ha sido la desvalorización del recurso forestal, pues no se incorporaron a los bosques y selvas como zonas productivas, generando e induciendo una cultura de la extracción ilegal, o bien la substitución de éstos por otros usos del suelo.

¹⁰ En el contexto de los proyectos para captura de carbono, por “fuga” se entiende el “cambio neto de las emisiones antropogénicas por las fuentes de gases de efecto invernadero que se produce fuera del ámbito del proyecto y que es mensurable y se puede atribuir a la actividad del proyecto. Por ejemplo: desplazamiento de actividades agrícolas que provoquen cambios de uso del suelo o reducción de las existencias de biomasa fuera del área o ámbito del proyecto. El ámbito del proyecto abarca todas las emisiones antropogénicas por las fuentes de gases de efecto invernadero que están bajo el control de los participantes en el proyecto y son significativas y se pueden atribuir razonablemente a la actividad del proyecto”.

De esta forma se explica que los bosques y selvas en Veracruz se caractericen por presentar diversos grados de deterioro provocados por: la extracción ilegal de madera fundamentalmente dirigida a la industria de la construcción (cimbra), al uso como combustible doméstico y comercial (leña y carbón), así como a la elaboración de muebles con bajo valor agregado y transformación con maquinaria poco eficiente; el manejo forestal simulado, eminentemente extractivo, que solo en casos excepcionales promueve un incremento en las existencias de volumen y en la productividad por hectárea; la escasa capacitación de los dueños de bosques, selvas y plantaciones forestales para llevar a cabo un buen manejo de su biomasa; el pastoreo libre y extensivo dentro de las áreas forestales; la extracción “hormiga” de productos forestales no maderables; y la conversión a otros usos del suelo por crecimiento urbano e industrial.

A estos procesos de deterioro se suman los efectos sobre las condiciones socio-económicas y productivas de los dueños de los bosques. Estas condiciones son parte del entorno en el cual se deberán proponer e impulsar las acciones generadas dentro de cualquier estrategia REDD+, y particularmente del PVCC.

1.2.7.5.2. La tenencia de la tierra en Veracruz

Recientemente, el tema sobre la tenencia de la tierra desde la perspectiva REDD+ está siendo considerado como una piedra angular en la implementación de acciones dirigidas a la reducción de emisiones que resulten de la deforestación y degradación de los bosques.

Para Veracruz, tanto en el campo agropecuario como en sus zonas forestales, el régimen de tenencia de la tierra difiere de la media nacional y de lo que se registra para otros estados, ya que predominan las pequeñas propiedades, que abarcan un 51% del territorio estatal, mientras que los ejidos y comunidades cubren un 42% y únicamente un 7% son tierras públicas estatales o federales (SEDARPA, 2006). Por otro lado, más de la mitad (68%) de los ejidos tienen una superficie menor a 500 ha, un 19% se encuentra en el rango de 500 a 1.000 ha, un 11% están en el rango entre 1.000 y 2.000 ha, y solo un 2% tienen superficies mayores a 2.500 ha. Esta información se restringe a los núcleos agrarios (ejidos, colonias agrícolas y comunidades agrarias), pues no hay datos disponibles sobre las dimensiones de las pequeñas propiedades.

En los 2,75 millones de hectáreas del estado con régimen de propiedad ejidal y comunitario, el tamaño pequeño de los núcleos agrarios es solo una parte de la ecuación, pues se reporta (INEGI, 2006) que un 90% de esta superficie, incluyendo bosques y selvas, se encuentra parcelada internamente (Tabla 1.2) a pesar de que la Ley Agraria y Forestal lo prohíbe. En términos de cualquier acuerdo que sea necesario para incidir sobre las condiciones de manejo del bosque, la dominancia del minifundismo significa que una multiplicidad de actores sociales individuales toma cotidianamente decisiones sobre su recurso.

Tabla 1.2. Características de los Núcleos Agrarios de Veracruz (Fuente: INEGI, 2006).

Tipo de Núcleos agrarios	Superficie (ha)
Superficie agraria parcelada	2.480.007,176
Superficie agraria en uso común	202.022,087
Asentamientos humanos	68.423,062
Total	2.750.452,325

En este contexto, cualquier medida de mitigación y reducción del efecto de los GEI en el estado tiene que diseñarse para ser aplicada y para beneficiar a dueños de parcelas pequeñas, pues son las condiciones predominantes del campo veracruzano.

1.2.7.5.3. El manejo de los bosques

En Veracruz cerca del 80% de los permisos de aprovechamiento expedidos corresponden a autorizaciones únicas para cortar árboles en las zonas agropecuarias, aunque el volumen autorizado por este concepto corresponde solo al 20%. Por otra parte, el 10% de los permisos persistentes autorizados en bosques (que abarcan un período entre 5 a 10 años) cubren el 76% de la superficie total registrada con manejo forestal en el estado; en esta superficie se extrae el 62% del volumen producido en el estado (SEDARPA, 2006). Es difícil conocer con exactitud la superficie total bajo aprovechamiento regular y persistente, puesto que el formato con el que se registran estos datos en SEMARNAT se presta a duplicar estas cifras, pero se estima que hay aproximadamente 69.624,98 ha (SEMARNAT, 2008).

La información disponible permite identificar una tipología de las áreas que tienen permisos con aprovechamiento persistente de bosques naturales,

selvas y plantaciones. Se estima que el 84% de estos permisos persistentes se expide a predios pequeños con superficies iguales o menores a 50 ha, un 12% a predios entre 51 y 300 ha, y el 4% restante a predios mayores de 300 ha (SEDARPA, 2006). Respecto a la superficie total ocupada con plantaciones comerciales y con reforestación, la Tabla 1.3 presenta estos datos hasta 2005, agregados por UMAFOR.

Tabla 1.3. Cobertura forestal y ocupada en las Unidades Regionales de Manejo Forestal del Estado de Veracruz.

Unidad Regional de Manejo Forestal	Superficie UMAFOR ² (ha)	Cubierta forestal ¹ (%)	Sup. reforest. y plantación ^{2*} (ha)
P. Orizaba / S. Zongolica	458,841	50	36,061
Uxpanapa	437,894	40	10,980
Huayacocotla	249,450	38	2,873
Cofre de Perote	270,354	38	25,637
Las Choapas	700,632	28	19,856
Veracruz	588,200	20	11,581
S. Misantla / Chiconquiaco	431,460	15	16,143
Los Tuxtlas	496,645	12	18,376
Sierra de Otontepec	772,601	11	12,878
Rodríguez Clara	800,478	10	15,143
Pánuco	778,323	8	3,054
Papantla	454,834	2	8,335
Cuenca del Papaloapan	632,969	1	4,973
Fuentes: ¹ INEGI (2001); ² SEDARPA (2006). Datos hasta 2005, suma de estos rubros.			

Para 2005 Veracruz tenía reportadas un acumulado de 185.890 ha plantadas. Una proporción de esta superficie corresponde a fracciones de tierra que se encuentran dentro de las áreas bajo manejo forestal persistente, por lo que no se trata de áreas recuperadas en sentido estricto, y otra proporción corresponde a tierras ganaderas o agrícolas abandonadas que han sido destinadas a la producción forestal a mediano plazo, aunque la información disponible no permite estimar su magnitud (Gerez y Pineda-López, 2011). Estas cifras indican nuevamente que se requieren políticas específicas para un sector dominado por pequeños predios forestales y, en particular, se necesitan acciones diseñadas para mitigar o reducir los GEI a partir de esta característica. Las propuestas para mejorar las prácticas de manejo y para capacitar a los dueños en medidas de manejo sustentables deben dirigirse a este tipo de beneficiarios. Por otra parte, las inundaciones de los últimos años, así como los escenarios de sequía para ciertas regiones del estado, son un llamado de atención para verificar la situación de estas plantaciones, puesto

que en algunos casos será necesario modificar las especies que se han recomendado hasta ahora (Gerez y Pineda-López, 2011).

El estado de Veracruz presenta condiciones ambientales diversas, dado el amplio rango altitudinal que cubre, desde el nivel del mar hasta los 5.000 msnm. Latitudinalmente abarca poco más de 5° grados N, y topográficamente su territorio está conformado por amplias planicies inundables, laderas suaves y abruptas, barrancas, sierras y montañas de diversos orígenes geológicos. A lo largo de su territorio hay zonas con marcada estacionalidad en las lluvias, mientras que otras presentan lluvias durante todo el año. Estas características del medio físico determinan la productividad y composición de los bosques y selvas del estado, aunque las condiciones actuales en términos de biomasa/hectárea y de estructura son resultado directo del tipo de intervenciones que se han llevado a cabo (Gerez y Pineda-López, 2011).

A través de un manejo forestal de largo plazo se pueden incrementar las reservas de carbono en los bosques (incluyendo los suelos forestales) y, paralelamente, reducir las tasas de deterioro (Putz *et al.*, 2008). Acciones dirigidas para lograr estos objetivos permitirían resolver varios asuntos pendientes en el manejo de los bosques de Veracruz: incorporar las zonas con extracción ilegal en esquemas regulares, monitorear la calidad del manejo en los bosques y en las plantaciones forestales con permisos persistentes, e impulsar actividades económicas de mayor valor agregado y eficiencia, para beneficio directo de sus dueños. La actividad forestal regulada funciona con reglas y procedimientos establecidos, conocidos y aceptados por los dueños de los predios con manejo. Algunos de estos procedimientos podrían ser útiles para el establecimiento de una línea de base en proyectos para reducir y mitigar los GEI, e iniciar el monitoreo para detectar tanto los efectos del cambio climático sobre la productividad de los bosques, selvas y plantaciones, como para supervisar los resultados de una estrategia REDD+ en las condiciones de Veracruz (Gerez y Pineda-López, 2011).

Algunos indicadores que pueden ser útiles para identificar y establecer una línea de actuación forman parte de los datos contenidos en las bases de información de todos los predios con permiso forestal, si bien será necesario hacer una verificación fina para identificar los que tienen la precisión y rigor requerido. Para detectar cambios en el volumen producido y en la productividad por hectárea, ya sea por efecto del cambio climático o como resultado de medidas impulsadas para promover una mayor biomasa, es necesario desagregar estos datos por zona climática, región forestal y composición de especies, con el fin de establecer indicadores y parámetros

precisos que permitan comparar y monitorear las tendencias a corto, mediano y largo plazo.

En términos económicos, la actividad forestal primaria en el estado de Veracruz durante el período 1996-2005, que incluye el aprovechamiento, reforestación, establecimiento de plantaciones y producción de no maderables, generó una derrama económica local y regional estimada en 1.823 millones de pesos (SEDARPA, 2006). En ese período, el sector forestal presentaba una escasa integración vertical, elemento fundamental para cuantificar los almacenes de carbono a lo largo de la cadena productiva.

La información en relación con la transformación de la madera es confusa, incompleta, desactualizada y se encuentra dispersa, por lo que no es posible estimar la eficiencia de los procesos de transformación. Es importante generar estos datos dado que, aunado a su aportación económica y generadora de empleos, esta es una de las áreas donde se requieren medidas para reducir desperdicios, incrementar la eficiencia en la transformación del recurso y dar mayor valor agregado a los productos (Gerez y Pineda-López, 2011).

1.2.7.5.4. El potencial de los bosques como insumo energético

La leña y el carbón han representado para México parte de la base del bienestar familiar en el campo agropecuario y en los bosques, pues gracias a estos productos se cocinan alimentos, se calienta la casa en las zonas frías, etc. Por ello, en las estrategias para impulsar sustitutos para los materiales combustibles de altas emisiones de los GEI, es importante reconocer que la producción de madera para leña y carbón, si se hace de forma sustentable, podría ayudar a mantener un equilibrio en esas emisiones. Medidas de este tipo incrementarían la capacidad de los bosques y suelos forestales para ajustarse al cambio climático y generarían actividades económicas que pueden mejorar las condiciones de vida de los habitantes en las zonas rurales más necesitadas (The Forests Dialogue, 2008).

Masera *et al.* (2005) analizaron la oferta y demanda de leña y carbón a nivel municipal en todo el país, identificando las áreas prioritarias donde es necesario impulsar acciones debido a la presión que existe sobre los bosques. En su trabajo identificaron 162 municipios del estado de Veracruz que se encuentran dentro de los niveles críticos deficitarios de materia prima para leña y carbón, productos que sus usuarios obtienen de las áreas forestales en sus regiones (Tabla 1.4).

Tabla 1.4. Clasificación de municipios de acuerdo a su prioridad por déficit en la relación oferta-demanda de leña (Fuente: Masera *et al.*, 2005).

Prioridad	Nº Mpios (nacional)	Nº Mpios. Veracruz	% del nacional
Alta	262	60	22,9
Medio-alta	389	57	14,6
Media	461	45	9,7

En ciertas localidades se han realizado estudios más detallados para cuantificar la cantidad de leña y carbón que proviene de bosques bajo aprovechamiento regulado. Sin embargo, es necesario ampliar estos estudios para determinar las cantidades, las temporadas y las especies preferentemente utilizadas, así como sus tasas de crecimiento, que podrían incorporarse en plantaciones dendroenergéticas.

A partir de observaciones locales se ha detectado que la mayor parte de la leña y carbón se extrae de forma permanente, pero en baja intensidad, causando cambios en la composición de especies y en la biomasa de esos bosques (Haeckel, 2006). Este es uno de los componentes con mayor influencia sobre el deterioro de los bosques, pues reduce su productividad en el largo plazo, aunque no está suficientemente documentado. Los altos precios del gas doméstico y el bajo ingreso de las familias, tanto en las zonas rurales como en la zona rural-urbana de las principales ciudades del estado, indican que esta tendencia va a permanecer. Por ello es necesario promover proyectos que impulsen estufas ahorradoras de leña, junto con plantaciones dendroenergéticas, así como monitorear los efectos de este uso sobre la biomasa de los bosques.

1.2.8. Los bosques en el estado de Veracruz

Como se ha señalado anteriormente, Veracruz es considerado como el tercer estado de la República Mexicana por su riqueza biológica. Esta riqueza se ve reflejada en la amplia diversidad de tipos de vegetación que se manifiestan en su territorio (Figura 1.4). Ellis y Martínez (2010) presentan una descripción de los principales tipos de vegetación a partir de una revisión tanto del Inventario Forestal Nacional 2000 como de la clasificación hecha por Rzedowski (1998). Los principales tipos de vegetación considerados son:

- *Selva alta y selva mediana*: Están presente en 605.199,60 ha del territorio veracruzano. La selva alta se encuentra entre los 0 a 900 msnm, contiene árboles perennifolios, con alturas de 25 a 40 m, rectos con contrafuertes y copas más o menos esféricas. Se encuentran especies trepadoras, epifitas, palmas espinosas y herbáceas de hojas grandes. La selva mediana se encuentra a los 1.300 msnm, y contiene árboles subcaducifolios (la mitad de los árboles pierde sus hojas) que alcanzan alturas entre 15 a 25 m. El sotobosque lo componen plantas semileñosas y no leñosas de hasta 1,5 m de altura.
- *Selva baja*: Abarca 38.751,72 ha en altitudes de 700 msnm, contiene árboles caducifolios que alcanzan alturas de 5 a 15 m, con copas planas y troncos retorcidos, que forman un techo generalmente uniforme. Bajo condiciones de adecuada conservación el estrato herbáceo se desarrolla poco y los arbustos están presentes de forma variable. Es común encontrar cactáceas columnares o en forma de candelabro.
- *Bosque de pino*: Se distribuye en 57.502,18 ha, en altitudes entre los 1.500 a los 3.000 msnm, y está dominado por especies del género *Pinus*, aunque puede estar asociado con especies de encino (*Quercus spp.*). El pinar es una comunidad generalmente de un solo estrato, que puede alcanzar los 30 m de altura, con un sotobosque escaso y compuesto principalmente por herbáceas y matorrales. Sobre los árboles es común encontrar líquenes, musgos y hongos. Dado el interés por el aprovechamiento de la madera, además de las actividades agropecuarias, la superficie de este tipo de vegetación ha sido reducida de manera importante.
- *Bosque de encino*: Se distribuye desde el nivel del mar hasta los 2.800 msnm en una superficie de 1.448,73 ha, y está dominado por especies del género *Quercus*. Esta comunidad comparte el espacio con bosques de pino, de oyamel (*Abies*) y mesófilos de montaña, con quienes puede formar extensiones combinadas o compartir especies. Los encinares son comunidades densas que alcanzan hasta 30 m, con un sotobosque muy bien desarrollado. En Veracruz los encinares tropicales generalmente son abiertos, por lo que el estrato herbáceo tiene importancia en términos de estructura de la comunidad.
- *Bosque mesófilo de montaña*: Se encuentra presente en 124.364,98 ha y se desarrolla a altitudes que van desde los 500 hasta los 2.000 msnm. Sus árboles alcanzan alturas entre los 15 a 35 m, forman una

comunidad densa y pueden contener elementos perennifolios y caducifolios, lo que le confiere un verdor durante todo el año. En buen estado de conservación puede presentar varios estratos arbóreos, uno o dos arbustivos y un estrato herbáceo casi nulo. Son abundantes los líquenes, musgos, helechos, orquídeas, piperáceas y bromelias. Esta comunidad, a altitudes menores de 1.000 msnm, ha sido transformada a uno de los agroecosistemas más importantes para el estado de Veracruz, como son los cafetales. Una de las características de éstos, cuando se mantiene sombra sobre de ellos, es que muchas de las especies utilizadas corresponden a especies del bosque mesófilo de montaña, y si bien con esto se disminuye la diversidad de especies, se mantienen muchos de los servicios ecosistémicos.

En el estado de Veracruz también se encuentran los siguientes tipos de vegetación: matorral xerófilo, manglar, sabana, vegetación de dunas costeras y vegetación hidrófila.

1.2.8.1. El bosque de *Abies religiosa*

El oyamel (*Abies religiosa* Kunth Schltl. et Cham) es un árbol perennifolio monoico con producción de conos bianual, que presenta una altura promedio de 35 a 40 m, alcanzando en ocasiones hasta 60 m, y un diámetro normal de hasta 1,80 m. Las estructuras reproductivas se presentan desde diciembre y la fructificación se presenta de noviembre a enero, mientras que la dispersión de las semillas ocurre entre marzo y abril (SIRE, CONABIO, PRONARE, 2001).

Los bosques de oyamel, que pueden estar integrados por diversas especies del género *Abies*, pero muy especialmente por *Abies religiosa*, se consideran como relictos y se encuentran específicamente en la zona templado subhúmeda de México, restringidos a la alta montaña en condiciones climáticas y edáficas muy específicas. Su mayor continuidad se da en las serranías que rodean el Valle de México, en lo que se denomina Faja Volcánica Transmexicana (FVT) (Sánchez-González *et al.*, 2005). Su superficie ha disminuido alarmantemente, pues de acuerdo a Flores *et al.* (1971) ocupaban un 0,16% de la superficie del país, pero sin embargo datos recientes (SEMARNAP, 1998) indican que esta especie se encuentra en tan solo el 0,10% del territorio mexicano.

En Veracruz los bosques de oyamel se encuentran presentes en 3.367,59 ha del territorio del estado (Ellis y Martínez, 2010), y se localizan en

tres grandes sistemas montañosos: en la Zona de Huayacocotla, que pertenece a la Sierra Madre Oriental; en el Cofre de Perote y el Pico de Orizaba, que pertenecen al Eje Neovolcánico (siendo esta porción del estado en donde se concentra la mayor población del género *Abies*); y en la Sierra de Acultzingo, que forma parte de la Sierra Madre de Oaxaca (Tamayo, 1984; Ávila, 2000) (Figura 1.5).

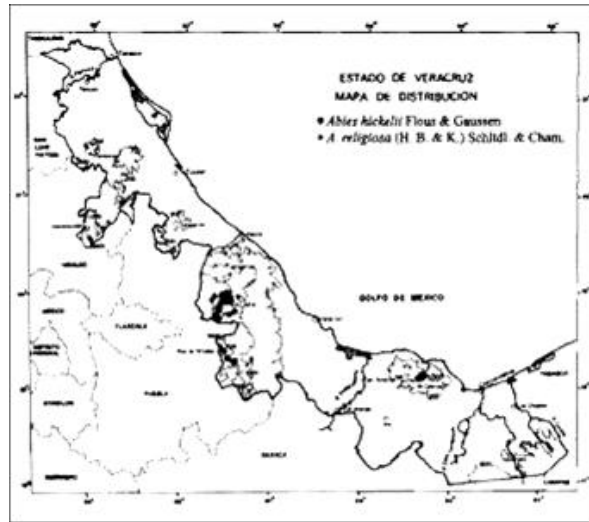


Figura 1.5. Distribución de *Abies religiosa* (H.B. & K.) Schldtlndl. & Cham para Veracruz (tomado de Narave y Taylor, 1997).

El bosque de oyamel se encuentra en las partes más altas de las montañas del Parque Nacional Cofre de Perote y el Citlaltepec, a una altitud de 2.400 a 3.600 msnm. Las especies que lo integran son *Abies hickelii* y *Abies religiosa*, siendo ésta última especie la de mayor extensión. Estos bosques son relativamente densos, y llega poca luz al sotobosque, que generalmente no es muy desarrollado (Challenger y Caballero, 1998).

1.2.9. Las ANP de Veracruz

Como ya se ha indicado en apartados anteriores, el concepto de conservación ha tenido que evolucionar para conjugar dos objetivos que, todavía hoy, generan polémica: la conservación del patrimonio natural y la disminución de la pobreza en los habitantes de las áreas naturales protegidas (ANP). Aunado a esto, los criterios sobre lo que se debe conservar y dónde, también se han modificado con el transcurso del tiempo; prueba de ello son los cambios en la conceptualización de los objetos de conservación, inicialmente

dirigidos hacia especies particulares y paisajes excepcionales, y que después incorporaron ciertos hábitats, ecosistemas específicos, prácticas de uso tradicional milenarias y, más recientemente, los servicios ecosistémicos. En este contexto, se ha reconocido la función de las áreas naturales protegidas como instrumentos para la mitigación del cambio climático (Bezaury, 2009).

Originalmente las ANP se pensaron como una estrategia para salvaguardar zonas que, por su riqueza biológica o por su excepcional belleza, deberían preservarse de cualquier intervención antropogénica. Sin embargo, las categorías de conservación de la naturaleza, como las impulsadas por el Programa del Hombre y la Biosfera (MAB) de UNESCO, reconocen la necesidad de incorporar a los habitantes de estas zonas, pues son actores activos en la conservación de dichos recursos. En los últimos 10 años han aparecido otras propuestas de protección de los recursos naturales, menos institucionales, pero más ajustadas a los objetivos de los pobladores, como son las áreas comunitarias de protección, y las áreas privadas de conservación. Boege (2008) indica que 15,2 millones de hectáreas de los bosques y selvas se encuentran en los territorios de diferentes etnias indígenas, lo que significa que casi una cuarta parte de estos (23%) son su responsabilidad.

Veracruz cuenta con 48 Áreas Naturales Protegidas (ANP), abarcando una superficie total de 880.894 ha (Figura 1.4). En términos del régimen de protección, 15 fueron decretadas por el gobierno federal (representando el 95% del total de la superficie bajo protección en el Estado), 19 áreas tienen un decreto del gobierno estatal (protegiendo un 5% del total de la superficie bajo protección), y 14 son áreas privadas (que protegen una superficie correspondiente al 1% del total estatal) (Tabla 1.5).

Tabla 1.5. Áreas Naturales Protegidas del estado de Veracruz (fuente: CEMA, 2005; CONABIO, 2009).

	Régimen federal	Régimen estatal	Áreas privadas
Superficie (ha)	835.612	37.617	7.665
% del total	95%	4%	1%
Núm. Áreas	15	19	14

Aproximadamente el 30% de la superficie protegida del estado corresponde a bosques templado-fríos, un 8% a distintas asociaciones de bosque mesófilo, otro 8% a manglares y vegetación de dunas costeras (incluyendo los arrecifes), y un 24% a diversos tipos de selvas tropicales. En

general, un 30% de estas áreas presenta condiciones de deterioro con predominancia de crecimiento urbano e industrial.

Los ecosistemas forestales, al igual que los arrecifes, fungen como los almacenes de carbono más importantes. En este sentido, el manejo apropiado de la vegetación con miras a incrementar la biomasa aérea y la de los suelos, constituye un mecanismo para la reducción de concentraciones de CO₂ a nivel global, y por lo tanto la captura de carbono se puede insertar como una estrategia para financiar actividades de restauración entre sus habitantes (Vargas y Yañez, 2004).

Las áreas protegidas pueden tener también la función de ser puntos de monitoreo para los efectos del calentamiento global, pues las modificaciones en la temperatura y la precipitación generarán cambios en la composición de especies y en su crecimiento (Villers-Ruiz y Trejo-Vázquez, 1998). En este contexto, estudiar la composición de las especies en los bosques deteriorados, en regeneración o en conservación, permitirá desarrollar líneas base para analizar el impacto de los diferentes escenarios de cambio climático e identificar los grupos de especies que podrían desplazar a otros tipos de vegetación (Pineda-López *et al.*, 2008).

De vital importancia es la información ecológica básica que permita generar escenarios biológicos de estos cambios. Por ejemplo, la generada por estudios enfocados a grupos de especies ecológicamente similares, agrupados de acuerdo a su similitud en el tipo de respuesta a las condiciones ambientales y a sus efectos en los procesos ecosistémicos; es decir, grupos funcionales de plantas (Díaz y Cabido, 1977; Lavorel y Garnier, 2002; Sánchez-Velásquez y Pineda-López, 2010).

Considerando que el Inventario Nacional Forestal (2000) estimó que Veracruz tiene 1.288.573 ha de bosques y selvas, una proporción nada desdeñable de la superficie boscosa del estado (un 42%) se encuentra dentro de alguna categoría de protección. Esto tendría que representar una oportunidad para conservar el patrimonio natural del estado y para contribuir a mejorar la calidad de vida de quienes en ellas habitan. Hasta ahora, sin embargo, la concepción de conservación que se aplica representa una “camisa de fuerza” que impide a los pobladores involucrarse en esquemas de manejo sustentable de sus bosques y, por tanto, ejercer acciones de conservación (Paré y Fuentes, 2007).

Como ya se ha indicado anteriormente, se ha documentado que no existe una diferencia significativa en las condiciones de los bosques dentro de

un ANP y en los que están bajo aprovechamiento regulado y vigilado por reglas definidas por las propias comunidades (Hayes, 2006; Ellis y Porter-Bolland, 2008; Bray *et al.*, 2007). Frente a este argumento, es imprescindible revisar a fondo el marco reglamentario que sustenta el manejo del SINANP, con la finalidad de implementar mejoras que permitan lograr una compatibilidad entre la conservación del patrimonio natural con una mejora en la calidad de vida de sus habitantes (Gerez y Pineda-López, 2011).

1.2.9.1. El Parque Nacional Cofre de Perote (PNCP)

El Cofre de Perote es la montaña que da nombre al Parque Nacional que se ubica en el extremo centro oeste del Estado de Veracruz. Sus límites son: al norte, Las Vigas de Ramírez; al sur, Ayahualulco e Ixhuacan de los Reyes; al este, Xalapa y Coatepec; y al oeste, el Valle de Perote (Narave, 1985), y se ubica en los municipios de Perote, Xico, Ayahualulco y Acajete (Figura 1.6).

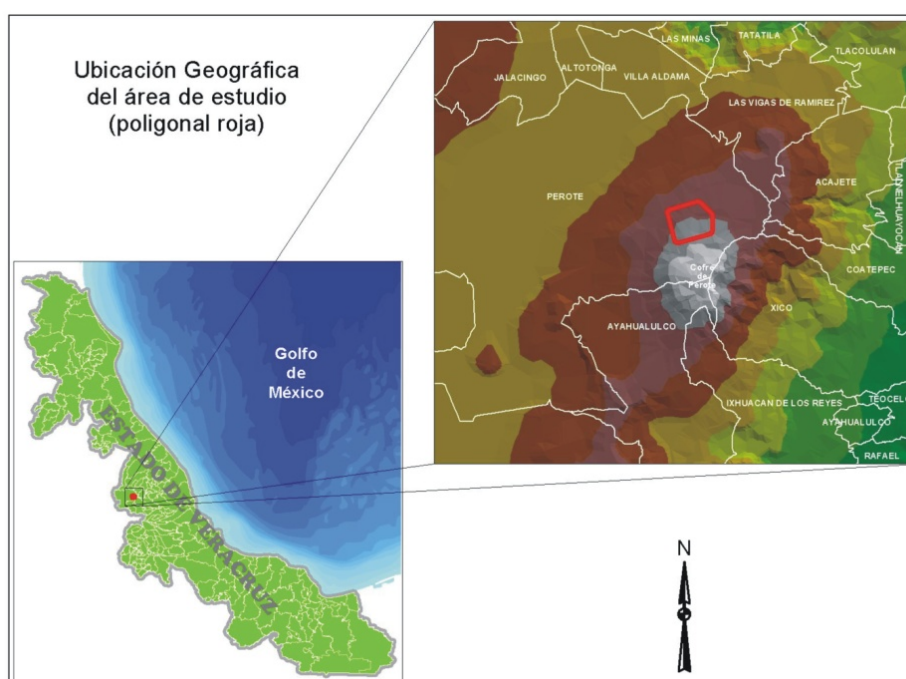


Figura 1.6. Ubicación en México del estado de Veracruz, la montaña Cofre de Perote y, dentro de ésta, del ejido El Conejo (tomado de Solís, 2010).

Por decreto nacional, el Parque Nacional Cofre del Perote (PNCP) se encuentra delimitado por la curva de 3.000 msnm, por las coordenadas 19°25'33"19°33'52" y 97°06'55"97°12'52", y posee una superficie aproximada de 11.700 ha (Diario Oficial de la Federación, 1937). Presenta un clima

templado frío-sub húmedo con régimen de lluvias en verano, con una temperatura promedio anual de -5 a 22°C, una precipitación pluvial que oscila entre 1.200 y 1.500 mm, con una temporada de lluvias en verano, y por su altitud ocupa el séptimo lugar entre las montañas más elevadas del país alcanzando un altitud de 4.242 m (Soto y Angulo, 1990; Meza y Leal, 1997; Gobierno del Estado de Veracruz *et al.*, 2008).

El tipo de suelo en el que se desarrolla la vegetación de la zona es andosol, que se caracteriza por tener una capa superficial oscura y rica en humus. La susceptibilidad de erosión de la zona en caso de desmonte es muy elevada, debido a que el terreno presenta un porcentaje alto de pendiente entre el 40 y 50% (Sánchez-Velásquez *et al.*, 1991, Narave y Taylor, 1997).

El interés sobre esta montaña se debe a que por sus gradientes biofísicos de tipo altitudinal, morfoestructural y bioclimático favorecen la diversidad de ecosistemas templados (García *et al.*, 2010). Así mismo, es aquí donde se originan cuatro cuencas hidrográficas que abastecen de agua a poblaciones importantes del centro del Estado, tales como Coatepec, Xico, Teocelo, Perote y parcialmente Xalapa, la capital del Estado (Gobierno del Estado de Veracruz *et al.*, 2008).

En el Cofre de Perote los bosques de oyamel (*Abies religiosa* principalmente) aparecen con mayor frecuencia en sitios con pendientes que oscilan entre el 40 y 55% y en altitudes entre 3.200 y 3.400 msnm. Presentan estas condiciones por las presiones entrópicas a las que han sido sometidos, ya que los cultivos agrícolas han desplazado al bosque en las partes menos inclinadas (Sánchez-Velásquez *et al.*, 1991). Lo que se observa son manchones de bosque, algunos continuos y otros discontinuos en un paisaje fragmentado.

Al igual que en muchas otras montañas del país, en el Cofre de Perote se ha dado una historia larga de degradación de sus recursos que se inició en los primeros años de la época colonial. Hoffman (1989) señala que el control de la tierra en la región siempre ha estado en manos de rancheros, hacendados o madereros, que han controlado el dominio de la tierra, las técnicas productivas y la mano de obra, además de que han sido quienes han tomado la iniciativa en la apertura de caminos o creación de nuevos poblados. Por su parte, García-Romero *et al.* (2010), analizando la evolución del uso del suelo del Cofre de Perote, identifican tres etapas político económicas del país relacionadas con el uso de los bosques: autoritarismo agrario (1919-1940); autoritarismo urbano industrial (1940-1970); y autoritarismo de transición al

neoliberalismo (1970-1988). A partir de este escenario, los autores concluyen que la mayor transformación en la reducción de los bosques se llevó a cabo en las décadas de 1960 y 1970, que coincidió con el fin de la época denominada urbano-industrial. En la década de los ochenta, durante la época del autoritarismo neoliberal, la deforestación continuó, pero a un ritmo más moderado, identificando como posibles causas el abandono de la actividad agrícola debido a las nuevas condiciones de mercado nacional e internacional y la alteración de los patrones de emigración.

Teniendo de contexto el reparto agrario en la región, se dio el decreto del Parque Nacional Cofre de Perote (PNCP) en 1937, repartiéndose tierras para ejidos que se encontraban en territorio del Parque Nacional, de tal manera que quienes ya vivían en la zona solicitaron su dotación y les fue concedida, siendo este aspecto un tema central en la problemática histórica y actual de esta ANP.

De acuerdo al Artículo 50 de la LGEEPA (Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, emitida en 1988), los Parques Nacionales *"Se constituirán conforme a esta Ley y la Ley Forestal, en terrenos forestales, tratándose de representaciones biogeográficas, a nivel nacional, de uno o más ecosistemas que se signifiquen por su belleza escénica, su valor científico, educativo o de recreo, su valor histórico, por la existencia de flora y fauna de importancia nacional, por su aptitud para el desarrollo del turismo, o bien por otras razones de interés general análogas. Dichas áreas serán para uso público y en ellas se permite el aprovechamiento de recursos naturales de acuerdo con el programa de manejo"*. En este contexto, en 2008 la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas dependiente del INE-SEMARNAT, se hizo cargo de la administración del PNCP, y creó la instancia administrativa correspondiente de dicha montaña promoviendo la realización de un Plan de Manejo cuya consulta se inició en 2009. Los Planes o Programas de Manejo para las Áreas Naturales Protegidas (ANP) representan sus instrumentos de conservación y planeación. Así, por primera vez se inicia un proceso para la construcción del Plan de Manejo del PNCP, el cual se da a partir de la colaboración entre el Gobierno del Estado de Veracruz, SEDARPA y la Universidad Veracruzana en 2008.

A setenta años de haberse decretado esta ANP, los objetivos de conservación de este parque desafortunadamente no se han cumplido, a pesar de su importancia en términos de lo que representa como zona de abastecimiento de agua para una parte importante zona del centro del estado de Veracruz (Gobierno del Estado de Veracruz *et al.*, 2008).

1.2.9.1.1. La comunidad de El Conejo

El ejido El Conejo es el único poblado que se localiza totalmente dentro del Parque Nacional Cofre de Perote (PNCP) y el que se encuentra ubicado en la mayor altitud, pues su centro de población se ubica en la cota de 3.300 msnm. Fue dotado por Resolución Presidencial del 2 de abril de 1934 para beneficio de 84 ejidatarios con 768 ha, es decir su dotación de tierras fue anterior al decreto del Parque Nacional.

La localidad se inició como un campamento de trabajadores de uno de los aserraderos móviles que los hacendados habían instalado en la porción alta de la montaña. Con la Revolución y el reparto agrario, los peones solicitaron las tierras para constituir su ejido, por lo que el aserradero fue movido hacia la comunidad de Agua de los Pescados. Para completar el número mínimo de solicitantes, los jornaleros favorecieron la inmigración de personas de otros lugares (Perote, Las Vigas, Puebla, Tlaxcala, etc.).

Ya como ejido, las actividades agrícolas y pecuarias eran las únicas permitidas, debido a que la extracción de madera sólo la podían realizar las empresas madereras autorizadas, de modo que estas compañías inundaron la región “comprándoles” los bosques a los nacientes ejidatarios. Las tierras deforestadas eran utilizadas para la agricultura y la ganadería, convirtiéndose así este ejido en uno de los de mayor superficie agrícola. Muestra de ello es que en el momento de la dotación del ejido se contaba con menos de una hectárea dedicada a la agricultura, pero durante las décadas de los años 70 y 80 del siglo XX, con el auge del cultivo de papa en la región, se incrementó hasta 500 ha, muchas de ellas sometidas a una segunda etapa de deforestación.

El Conejo cuenta con 996 habitantes (INEGI, 2006), y posee la tasa de crecimiento más alta en el PNCP, con un 14% de 1995 a 2005. Se considera una comunidad en condiciones de pobreza extrema, lo que propicia que se realicen actividades y uso sistemático de recursos como extracción de madera, leña, agua, fauna, agricultura y pastoreo en el PNCP de manera permanente. La mayor parte de la población se dedica principalmente a las actividades del sector primario, ocupando las actividades agrícolas el primer lugar, las pecuarias el segundo y, por último, las actividades forestales. El aprovechamiento forestal más común es la extracción de leña para consumo de las familias de la comunidad, siguiendo la extracción de postes o polines y tablas para la construcción de viviendas (Solís, 2010). Los cultivos principales

son papa y haba con fines comerciales, avena y alfalfa, y las actividades pecuarias que se realizan son la crianza de ganado ovino-caprino.

La población económicamente activa (PEA), de acuerdo al censo de INEGI-1990, era de 202 personas, y ya para 2000 se elevó a 299. Con datos de INEGI (2005), y tomando como base la PEA, se cuantificó que 188 pobladores del ejido se dedican al sector primario, 47 al secundario y 55 al terciario. No obstante, el 37% de la población asalariada ocupada dentro del Parque percibe un salario mínimo¹¹ al mes, el 16% percibe de uno a dos salarios mínimos y el 2% percibe mensualmente de 1 a 5 salarios mínimos (Gobierno del Estado de Veracruz *et al.*, 2008). En lo referente a la organización familiar, en la mayoría de los hogares el hombre está a la cabeza de la familia, las mujeres se encargan de las labores del hogar y los jóvenes apoyan las actividades del campo y quedan al frente de ellas cuando falta el padre. Los niños y personas mayores participan con las mujeres en la recolección de leña, y por lo regular se encargan del cuidado del ganado en las actividades de pastoreo. Es común que los descendientes de una familia, al formar la propia, se establezcan en el mismo predio o en terrenos adjuntos, y de esta forma comparten espacios comunes con sus familiares (Gobierno del Estado de Veracruz *et al.*, 2008).

En cuanto a la expansión de la zona urbana, por lo regular no existe una planeación para el crecimiento ni sobre el tipo de viviendas. De acuerdo al conteo de 2005 (INEGI), se reportaron 174 viviendas, en las que en promedio habitaban 5,72 habitantes. En esta zona el ejido cuenta con jardín de niños, primaria y telesecundaria. El nivel de analfabetismo en el Conejo, considerando a todos los poblados y ejidos del Parque, se encuentra en el 27%. En 2003 la Universidad Veracruzana construyó, y opera a la fecha, la Casa de la Universidad Veracruzana, que en principio servía como espacio de apoyo a las brigadas de salud, pero que también proporciona asesoría a la comunidad y ofrece frecuentemente cursos de capacitación que son aprovechados por los habitantes del ejido (Gobierno del Estado de Veracruz *et al.*, 2008).

A la vista de todo lo relacionado en este capítulo de “Antecedentes”, los casos de estudio que se presentan en los siguientes capítulos pretenden contestar a las siguientes preguntas:

¹¹ El salario mínimo en el año 2000 fue de 37,89 pesos diarios, de acuerdo a un estudio del Centro de Análisis Multidisciplinarios de la Universidad Nacional Autónoma de México.

1. ¿Cuál ha sido la dinámica del paisaje para el Parque Nacional Cofre de Perote en el período 1995-2004, y para el ejido El Conejo para el período 1995-2005?
2. ¿Cuál es el contenido de carbono en los reservorios en biomasa aérea y suelo del bosque de *Abies religiosa* en el ejido El Conejo?
3. ¿Qué acciones de mitigación en relación con el cambio climático se llevan a cabo en el ejido El Conejo?

1.3. Bibliografía

AGENDA 21.1992. Disponible en (abril 2006):

ALCORN, J. 1984. Huastec mayan ethnobotany. University of Texas Press, Austin, USA. 982 pp.

ALVARADO, L.X.R., WERTZ-KANOUNNIKOFF, S. 2007. Why are we seeing REDD? An analysis of the international debate on reducing emissions from deforestation and degradation in developing countries, Analysis No. 2, Natural Resources. Institut du développement durable et des relations internationales (IDDRI). 32 pp.

ANGELSEN, A., BROCKHAUS, M., KANNINEN, M., SILLS, E., SUNDERLIN, W.D., WERTZ-KANOUNNIKOFF, S. (Eds.). 2010. La implementación de REDD+: estrategia nacional y opciones de política. CIFOR, Bogor, Indonesia. 390 pp.

ARRIAGA, L., GÓMEZ, L. 2004. Posibles efectos del cambio climático en algunos componentes de la biodiversidad de México. En: Martínez, J., Fernández, A. (Compiladores). Cambio climático: una visión desde México. INE. SEMARNAT. 255-278.

ARVIZU, F.J.L. 2004. Registro histórico de los principales países emisores. En: Martínez, J., Fernández, A. (Compiladores). Cambio climático: una visión desde México. INE. SEMARNAT. 99-108.

ÁVILA BELLO, C.H. 2000. Ecología poblacional de *Abies hickelii* en el Pico de Orizaba, Veracruz. Colegio de Postgraduados. Informe final SNIB. CONABIO proyecto No. L172. México D.F. 97 pp.

BARTON, B.D., MERINO- PÉREZ, L., BARRY, D. 2007. El manejo comunitario en sentido estricto: las empresas forestales comunitarias de México. En: Los bosques comunitarios de México. Manejo sustentable de paisajes forestales. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología. Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura

- Sostenible, Instituto de Geografía, UNAM Florida International Institute. 21-49.
- BARTON, B.D., MERINO, L., 2004. La experiencia de las comunidades forestales en México. Veinticinco años de silvicultura y construcción de empresas forestales comunitarias. EMARNAT. INE. CMSS. 271 pp.
- BELLÓN, M.R., MASERA, O.R., SEGURA, G. 1997. Forestry options for sequestering carbon in México: comparative economic analysis of three case studies critical reviews. En. Environmental Science and Technology. Vol.27 No.S1: 227-244 pp.
- BENÍTEZ, B., HERNÁNDEZ, G.A., EQUIHUA, M., MEDINA, A., ÁLVAREZ, J.L., IBÁÑEZ, S., DELFÍN, C. 2008. Biodiversidad y cambio climático. Contribución al Programa Veracruzano ante el Cambio Climático. Xalapa, Ver. 56 pp.
- BENZ, B.F., SANTANA, F., PINEDA, R., CEVALLOS, J., ROBLES, L., DE NIZ, D. 1994. Characterization of Mestizo plant use in the Sierra de Manantlán, Jalisco-Colima, México. Journal of Ethnobiology 14: 123-141.
- BEZAURY, C.J.E. 2009. El valor de los bienes y servicios que las áreas naturales protegidas proveen a los mexicanos. The Nature Conservancy Programa México. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México. 36 pp.
- BOEGE, E. 2008. El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México: hacía la conservación *in situ* de la biodiversidad y agrobiodiversidad en los territorios indígenas. Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. 1ª Edic. México. 342 pp.
- BOLIN, B., DOOS, B.R., JAGER, J., WARRICK, R.A. (Eds.). 1986. The greenhouse effect, climatic change and ecosystems. SCOPE Report 29, Wiley, Nueva York. 541 pp.
- BOND, I., CHAMBWERA, M., JONES, B., CHUNDAMA, M., NHANTUMBO, I. 2010. REDD+ in dryland forests: Issues and prospects for pro-poor REDD in the miombo woodlands of Southern Africa, Natural Resource Issues No. 21. IIED, London. 83 pp.
- BRADLEY, N.L., LEOPOLD, A.C., ROOS, J., HUFFAKER, W. 1999. Phenological changes reflect climate change in Wisconsin. Proc. Nat. Acad. Sci. USA 96: 9701-9704.
- BRAY, E.D., DURAN, M.E., MERINO, P.L., TORRES, R.S., VELÁZQUEZ, M.A. 2007. Nueva evidencia: los bosques comunitarios de México, protegen el ambiente, disminuyen la pobreza y promueven la paz social. Informe de Investigaciones. UNAM. Centro de Investigación y Docencia Económica,

- IPN, Universidad Internacional de Florida, Consejo Civil Mexicano para la Agricultura Sostenible. Ofset Santiago, Eds. México. 90 pp.
- BROWN, S., 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: A primer. FAO Forestry Paper 134. 55 pp.
- BRUNER, A.G., GULLINSON, R.E., RICE, R.E., DA FONSECA, G.A.B. 2001. Effectiveness of Parks in protecting tropical diversity. *Science* 291(5501): 125-128.
- CAMOU-GUERRERO, A., REYES-GARCÍA, V., MARTÍNEZ-RAMOS, M., CASAS, A. 2008. Knowledge and use value of plant species in a Rarámuri Community: A gender perspective for conservation. *Hum. Ecol.* 36: 259-272.
- CASAS, A., VALIENTE-BANUET, A., VIVEROS, J.L., CABALLERO, J., CORTÉS, L., DÁVILA, P., LIRA, R., RODRÍGUEZ, I. 2001. Plant resources of the Tehuacán–Cuicatlán Valley. *Economic Botany* 55: 129-166.
- CASAS, A., VIVEROS, J.L., CABALLERO, J. 1994. *Etnobotánica Mixteca: Sociedad, cultura y recursos naturales en la Montaña de Guerrero*. INI. Conaculta. México. 230 pp.
- CCMSS. 2009. Retos y oportunidades del sector forestal ante el cambio climático. Disponible en:
- CEULEMAN, R., JANSSENS, L.A., JACH, M.E. 1999. Effects of CO₂ enrichment on trees and forest: lesson to be learned in view of future ecosystem studies. *Ann. Bot.* 84: 577-590.
- CHALLENGER, A., CABALLERO, J. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: Pasado, presente y futuro. CONABIO, Instituto de Biología. Sierra Madre, México, D.F. 847 pp.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 1998. La diversidad biológica de México: estudio de país. Disponible en: <http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/EstudioPais.html>
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2006. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx>
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2006. *Desarrollo Forestal Sustentable en México. Avances 2001-2006*. Zapopan, Jalisco, 181 pp.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2003. Disponible en: <http://www.conanp.gob.mx>
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2011. Disponible en: http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/sinap.php
- CONAPO (Consejo Nacional de Población). 2000. *Índices de Marginación*. México, D.F. 196 pp.

- CORBERA, E., ESTRADA, M., MAY, P., NAVARRO, G., PACHECO, P. 2011. Rights to land, forests and carbon in REDD+: Insights from Mexico, Brazil and Costa Rica. *Forests* 2(1): 301-342.
- CRONKLETON, P., BARTON, B.D., MEDINA, G. 2011. Community forest management and the emergence of multi-scale governance institutions: Lessons for REDD+ development from Mexico, Brazil and Bolivia. *Forests* 2: 451-473.
- DAVIET, F., GOERS, L., AUSTIN, K. 2009. Forests in the Balance Sheet: Lessons from Developed Country Land Use Change and Forestry Greenhouse Gas Accounting and Reporting Practices. Working Paper WRI. 29 pp.
- DE JONG, B.H., OLGUIN, M., ROJAS, F., MALDONADO, V., PAZ, F., ETCHEVERS, J., CRUZ, C.O., ARGUMEDO, J.A., 2007. Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero 1990 a 2006. Actualización del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2006 en la Categoría de Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra. Informe preparado para INE. 122 pp.
- DENMAN, K.L., BRASSEUR, G., CHIDTHAISONG, A., CIAIS, P., COX, P.M., DICKINSON, R.E., HAUGLUSTAINE, C., HEINZE, E., HOLLAND, D., JACOB, U., LOHMANN, S., RAMACHANDRAN, P.L., DA SILVA DIAS, D., WOFSY, S.C., ZHANG, X. 2007. Couplings between changes in the climate system and biogeochemistry. En: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignorand, M., Miller, H.L. (eds.). *Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the IPCC Fourth Assessment. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA. 541–584.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. 1937. Decreto Presidencial. Parque Nacional a la montaña Cofre de Perote o Nahucampantéptl. 2 pp.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. 2009. Programa especial de Cambio Climático 2009-2012. Poder Ejecutivo Federal. México. 98 pp.
- DÍAZ, S., HECTOR, A., WARDLE, D.A. 2009. Biodiversity in forest carbon sequestration initiatives: not just a side benefit. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 1: 55-60.
- ELIASH, J. 2008. Climate change: Financing global forests. *The Eliash Review*. The Stationery Office. London. 250 pp.
- ELLIS, E., PONTIUS, R. 2007. Land-use and land-cover change. En: Cleveland, C.J. (Ed.) *Encyclopedia of Earth*. Washington D.C.: Environmental Information Coalition, National Council for Science and

- the Environment. Disponible en (14 de mayo de 2009): http://www.eoearth.org/article/Land-use_and_land-cover_change
- ELLIS, E., PORTER-BOLLAND, L. 2008. Is community-based forest management more effective than protected areas? A comparison of land use/land cover change in two neighboring study areas of the Central Yucatan Peninsula, Mexico. *Forest Ecology and Management* 256: 1971-1983.
- ELLIS, E.A., MARTÍNEZ, B.M. 2010. Vegetación y uso de suelo. En: Florescano, E., Ortíz, E.J. (Coords.). *Atlas del patrimonio natural, histórico y cultural de Veracruz. Tomo I. Patrimonio Natural*. 205-248.
- FALADORI, G., PIERRI, N. (Coords.). 2005. ¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable. 1ª Edic. H. Cámara de Diputados LIX Legislatura; Universidad Autónoma de Zacatecas. Edit. Porrúa. 219 pp.
- FAO. 2007. Situación de los Bosques del Mundo. Disponible en (28 de junio de 2009): <http://www.fao.org/docrep/009/a0773s/a0773s00.htm>
- FARFÁN, B., CASAS, A., IBARRA, G. 2007. Plant Resources in the Monarch Butterfly Biosphere Reserve, Mexico: Mazahua Ethno- botany and Peasant Subsistence. *Economic Botany* 61: 173-191.
- FEARNSIDE, P. 2001. Saving tropical forests as a global warming countermeasure: An issue that divides the environment movement. *Ecological Economics* 39(2): 167-84.
- FERNÁNDEZ, A., MARTÍNEZ, J. 2004. Las comunicaciones nacionales de cambio climático. En: Martínez, J., Fernández, A. (Compiladores). *Cambio climático: una visión desde México*. INE. SEMARNAT. 471-490.
- GARCÍA, B.L., GALVÁN, Y.M., GALVA-MIYOSHI, I.A., VALDIVIESO-PÉRES, MASERA, O.R., BOCCO, G., VANDERMEER, J. 2009. Neotropical forest conservation, agricultural intensification, and rural out-migration: the Mexican Experience. *BioScience* 59: 863-873.
- GARCÍA-ROMERO, A., MONTOYA, Y., IBARRA, M.V. GARZA, G.G. 2010. Economía y política en la evolución contemporánea de los usos del suelo y la deforestación en México: el caso del Volcán Cofre de Perote. *Interciencia* 35(5): 321-328.
- GARDUÑO, R. 2004. ¿Qué es el efecto invernadero? En: Martínez, J., Fernández, A. (Compiladores). *Cambio climático: una visión desde México*. INE. SEMARNAT. 29-39.
- GEIST, H.J., LAMBIN, E.F. 2001. What drives tropical deforestation?: a meta-analysis of proximate and underlying causes of deforestation base on subnational case study evidence. LUC (International Project Office) Report Series No. 4. 116 pp.

- GEREZ, F. 1982. Historia del uso del suelo en la zona semiárida Poblano-Veracruzana. Tesis profesional. Ciencias UNAM. México, D.F. 68 pp.
- GEREZ, F.P., PINEDA-LÓPEZ, M.R. 2011. Los bosques de Veracruz y el contexto para una estrategia REDD+ estatal. Madera y Bosques. Aceptado.
- GOBIERNO DEL ESTADO DE VERACRUZ, SEDARPA, UNIVERSIDAD VERACRUZANA, CONANP. 2008. Programa de conservación y manejo del Parque Nacional Cofre de Perote. Inédito. 182 pp.
- GRACE, J. 2004. Understanding and managing the global carbon cycle. *Journal of Ecology* 92: 189-202.
- GRIEG-GRAN, M. 2008. The cost of avoiding deforestation. Update of the Report prepared for the Stern Review of the Economics of Climate Change. International Institute for Environment and Development (IIED). 25 pp.
- HAECKEL, I. 2006. Firewood use, supply and harvesting impact in cloud forests of central Veracruz, Mexico. Bachelor Thesis. Center for Environmental Research and Conservation, and Earth Institute. Columbia University. 60 pp.
- HALPIN, P.N. 1997. Global climate change and natural-area protection: Management responses and research directions. *Ecological applications* 7(3): 828-843.
- HAMILTON, K., SJARDIN, M., SHAPIRO, A., MARCELLO, T. 2009 Fortifying the foundation: state of the voluntary carbon markets 2009. Ecosystem Marketplace, Nueva York y New Carbon Finance, Washington, DC. Disponible en (12 noviembre 2009):
- HANNAH, L., MIDGLEY, G., ANDELMAN, S., ARAÚJO, M., HUGHES, G., MARTÍNEZ-MEYER, E., PEARSON, R., WILLIAMS, P. 2007. Protected area needs in a changing climate. *Frontiers in ecology and the environment* 5(3): 131-138.
- HANNAH, L., MIDGLEY, G., ANDELMAN, S., ARAÚJO, M., HUGHES, G., MARTÍNEZ-MEYER, E., PEARSON, R., WILLIAMS, P., 2007. Protected area needs in a changing climate. *Frontiers in ecology and the environment* 3(5): 131-138.
- HANNAH, L., MIDGLEY, G., HUGHES, G., BOMHARD, B. 2005. The view from the Cape: extinction risk, protected areas and climate change. *BioScience* 55: 231-242.
- HAYES, T.M. 2006. Parks, people, and forest protection: an institutional assessment of the effectiveness of protected areas. *World Development* 34(12): 2064-2075.

- HEROLD, M., SKUTSCH, M. 2010. Medición, reporte y verificación de REDD+ Objetivos, capacidades e instituciones. 85-100. En: Angelsen, A. con Brockhaus, M., Kanninen, M., Sills, E., Sunderlin, W. D. y Wertz-Kanounniko, S. (eds.) 2010 La implementación de REDD+: estrategia nacional y opciones de política. CIFOR, Bogor, Indonesia. CIFOR. 390 pp
- HOFFMAN, O. 1989. De los hacendados a los forestales: manejo del espacio, dominación y explotación del bosque en la Sierra Madre Oriental (Cofre de Perote). En: La Palabra y el Hombre. 70. Xalapa, Ver. 87-116.
- HOLLING, C.S. 1973. Resilience and stability of ecosystems. Ann. Rev. Ecol. Syst. 4: 1-23.
- HOUGHTON, R.A. 2008. Carbon flux to the atmosphere from land-use changes: 1850–2005. En: TRENDS: A compendium of data on global change. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. Disponible en (11 mayo 2010): <http://cdiac.ornl.gov/trends/landuse/houghton/houghton.html>
<http://dsostenible.com.ar/situacion-inter/clima/prg2001c.html>
http://ecosystemmarketplace.com/documents/cms_documents/StateOfeVoluntaryCarbonMarkets_2009.pdf
<http://pnd.calderon.presidencia.gob.mx/tercer-informe-ejecucion.html>
<http://www.inegi.org.mx/rne/docs/Pdfs/Mesa3/20/FranciscoTakaki.pdf>
<http://www.sciencemag.org/content/293/5532/1007.short>
<http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/spanish/agenda21sptoc.htm>
- INE. 2006. Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. México. 254 pp.
- INE. 2009. Control de calidad del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2006. Informe final No.3. Segunda Etapa. 30 pp.
- INE. 2009a. Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. México. 274 pp.
- INEGI. 2005. Perspectiva estadística. Veracruz de Ignacio de la Llave. Censos económicos 2004. Encuesta nacional de ocupación y empleo. II Conteo de población y vivienda 2005. www.inegi.gob.mx.
- INEGI. 2006. Núcleos Agrarios. Tabulados básicos por municipio, PROCEDE 1992-2006. Veracruz. 218 pp. Disponible en (junio 2006): www.inegi.gob.mx

- INEGI-ORSTOM. 1991. Cuaderno de Información Básica. Región Cofre de Perote. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo en Cooperación. Aguascalientes, Ags. México. Anexo cartográfico 30 mapas. 58 pp.
- IPCC. 1996. Climate change 1995: the science of climate change. Contribution of working group I to the second assessment report of the IPCC. Cambridge University Press. Cambridge, Massachusetts. 587 pp.
- IPCC. 2001. Climate Change 2001. The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., Van der Linden, P.J., Dai, X., Maskell, K., Johnson, C.A. (Eds). Cambridge, University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881 pp.
- IPCC. 2001a. Tercer Informe de Evaluación: *Impactos, adaptación y vulnerabilidad*. Resumen para responsables de políticas y Resumen técnico. Parte de la contribución del Grupo de Trabajo II al Tercer Informe de Evaluación. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. 101 pp.
- IPCC. 2001b. Climate change 2001: the scientific basis; contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Port Chester, NY: Cambridge University Press. 86 pp.
- IPCC. 2007b. Climate Change 2007: Synthesis Report. Summary for Policymakers. 22 pp.
- IPCC. 2007c. Climate Change 2007: Impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., Van der Linden, P.J., Hanson, C.E. (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 1000 pp.
- IUCN. 2004. Speaking a common language. The uses and performance of the IUCN System of Management Categories for Protected Area. 195 pp.
- JACOBSON, H.K., PRICE, M.F. 1990. A framework for research on the human dimensions of global environmental change. Human Dimensions of Global Environmental Change Programme, Barcelona, España. 27 pp.
- LAMBIN, E., GEIST, H.J., LEPELERS, E. 2003. Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. Ann. Rev. Environ. Resour. 28: 205-241.

- LARSON, M.A., CORBERA, E., CRONKLETON, P., VAN DAM, CH., BRAY, D., ESTRADA, M., MAY, P., MEDINA, G., NAVARRO, G., PACHECO, P. 2010. Rights to forests and carbon under REDD+ initiatives in Latin America. CIFOR Infobrief 33: 1-8.
- LAURANCE, W.F. 2007. A new initiative to use carbon trading for tropical forest conservation. *Biotropica* 39(1): 20–24.
- LAVOREL, S., GARNIER, E. 2002. Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology* 16: 545-556.
- LAWLER, J.J. 2009. Climate change adaptation strategies for resource management and conservation planning. *Annals of the New York Academic of Sciences* 1162: 79-98.
- LEFF, E. 2004. Racionalidad ambiental, la reapropiación social de la naturaleza. Siglo XXI. 509 pp.
- LUBOWSKI, N.R. 2008. What are the costs and potential of REDD? En: Angelsen, A. (Ed.). *Moving ahead with REDD: issues, options and implications*. Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor, Indonesia. 23-30.
- MADRID, L., NÚÑEZ, J.M., QUIROZ, G., RODRÍGUEZ, Y. 2009. La propiedad social forestal en México. *Investigación Ambiental. Sección Investigación* 1(2): 179-196.
- MAGAÑA, R.V.O. 2004. El cambio climático global: comprender el problema. En: Martínez, J., Fernández, A. (Compiladores). *Cambio climático: una visión desde México*. INE. SEMARNAT. 17-27.
- MARTIN, T.E. 2001. Abiotic vs. biotic influences on habitat selection of coexisting species: climate change impacts? *Ecology* 82: 175-188.
- MARTÍNEZ, J., FERNÁNDEZ, A. (Compiladores) 2004. *Cambio Climático: una Visión desde México*. INE-SEMARNAT. 521 pp.
- MASERA, O., CERON, A.D., ORDOÑEZ, J.A. 2001. Forestry mitigation options for Mexico: finding synergies between national sustainable development priorities and global concerns. *Mitigation and adaptation strategies for global change* 6(3-4): 291-312.
- MASERA, O., SHEINBAUM, C. 2004. Mitigación de emisiones de carbono y prioridades de desarrollo nacional. En: Martínez, J., Fernández, A. (Compiladores). *Cambio climático: una visión desde México*. INE. SEMARNAT. 355-368.
- MASERA, O.R., GUERRERO, G., GHILARDI, A., VELÁZQUEZ, A., MAS, J.F., ORDOÑEZ, M.J., DRIGO, R., TROSSERO, M.A. 2005. Fuelwood 'Hot Spots' in Mexico. A case study using WISDOM. FAO-UNAM. 98 pp.

- MASERA, O.R., ORDOÑEZ, M.J., DIRZO, R. 1997. Carbon emissions from mexican forests: current situation and long-term scenarios. *Climatic Change* 35: 265–295.
- McCARTHY, J.P. 2001. Ecological consequences of recent climate change. *Conservation biology* 15: 320-331.
- MERINO, P.L. 2004. Conservación o deterioro. El impacto de las políticas públicas en las instituciones comunitarias y en los usos de los bosques de México. SEMARNAT. INE, CCMSS A.C. 331 pp.
- MEZA, A., LEAL, V. 1997. Seminario sobre actualización de diagnóstico y propuesta de programas comunitarios para una micro región del Cofre de Perote y su anexo Mata Oscura, Veracruz, México. UNIR. Dirección General de Vinculación de la U.V. 25 pp.
- MILLAR, C.I., STEPHENSON, N.L. STEPHENS, S.L. 2007. Climate change and forests of the future: managing on the face of uncertainty. *Ecol. Appl.* 17: 2145-2151.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. 2005. Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, Informe de Síntesis, Borrador final. Disponible en: www.millenniumassessment.org/documents/document.439.aspx.pdf
- MITTERMEIER, R.A., GOETSCH, C. 1992. La importancia de la diversidad biológica de México. En: Sarukhan, J., Dirzo, R. Edit. CONABIO. México. 343 pp.
- MOLNAR, A., SCHERR, J.S., ARVIND KHARE, A. 2004. Who conserves the world's forests?. A new assessment of conservation and investment trends. 83 pp.
- MOSS, R., OSWALD, J., BAINES, D. 2001. Climate change and breeding success: decline of the capercaillie in Scotland. *J. Anim. Ecol.* 70: 47-61.
- MUÑOZ-VILLERS, L.E., LÓPEZ-BLANCO, J. 2007. Land use/cover changes using Landsat TM/ETM images in a tropical and biodiverse mountainous area of central-eastern Mexico. *International Journal of Remote Sensing* 29(1): 71-93.
- NARAVE , H., TAYLOR, K. 1997. *Pinaceae*. Flora de Veracruz, Fascículo 98. Instituto de Ecología A.C. Xalapa Ver. 53 pp.
- NARAVE F.H. (1985). La vegetación del Cofre de Perote, Veracruz, México. *Biotica* 10: 35-151.
- NEBEL, B.J., WRIGTH, R.T. 1999. Ciencias ambientales, ecología y desarrollo sostenible. Pearson Educación. USA. 698 pp.
- NI, J., SYKES, M.T., PRENTICE, I.C., CRAMER, W. 2000. Modelling the vegetation of China using the process-based equilibrium terrestrial biosphere model BIOME3. *Global Ecol. Biogeogr. Letter* 9: 463-479.

- NOSS, R.F. 2001. Beyond Kyoto: forest management in a time of rapid climate change. *Conservation Biology* 15(3): 578-590.
- OCDE. 2003. Evaluación del desempeño ambiental: México. OECD, México. 287 pp.
- PARÉ, L., FUENTES, T. 2007. Gobernanza ambiental y políticas públicas en Áreas Naturales Protegidas: lecciones desde Los Tuxtlas. Cuadernos de Investigación 38. Instituto de Investigaciones Sociales, UNAM. Méx. 263 pp.
- PINEDA-LÓPEZ, M.R., SÁNCHEZ-VELÁZQUEZ, L.R., NOA C.J.C., FLORES, E.N., DÍAS, F.F., IGLESIAS, A.L., ORTÍZ, C.G., VÁZQUEZ DOMÍNGUEZ, G., VÁZQUEZ, M.S. 2008. Adaptación de la biodiversidad y cambio climático. 57 pp. En: Estudios para un Programa Veracruzano ante el Cambio Climático. Universidad Veracruzana, Instituto Nacional de Ecología y Embajada Británica en México. Cap. 4. Impactos en el medio natural. 194 pp.
- PNUMA, ORDALC, SEMARNAT. 2004. El Cambio Climático en América Latina y el Caribe. Universidad San Paulo Brasil, Unidad de Cambio Climático, Ministerio de Salud y Medio Ambiente de Argentina, GRID Arendal. Versión Preliminar. 98 pp.
- POUNDS, J.A., BUSTAMANTE, M.R., COLOMA, L.A. 2006. Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature* 439: 161-167.
- PRAT, N., WARD, J.V. 1994. The tamed river. En: Margalef, R. (Ed.). *Limnology now: a paradigm of planetary problems*. Elsevier Science. 219-236.
- PRESIDENCIA MEXICO. 2007. Plan Nacional de Desarrollo. Disponible en: <http://pnd.calderon.presidencia.gob.mx/index.php?page=documentos-pdf>
- PRESIDENCIA MÉXICO. 2009. Tercer Informe de Gobierno. Presidencia de la república, México. Disponible en:
- PRISMA y GRUPO CABAL. 2010. Diseñando un Programa REDD que Beneficie a las comunidades forestales de Mesoamérica. Informe Síntesis. 46 pp.
- PUTZ, F., ZUIDEMA, P., PINARD, M., BOOT, R., SAYER, J., SHEIL, D., SIST, P., VANCLAY, J. 2008. Improved tropical forest management for carbon retention. *PLoS Biology* 6(7): 1368-1369.
- PVCC. 2008. Programa Veracruzano ante el Cambio Climático. Tejeda, A., Guadarrama, M.E., Ochoa, C.A., Medina, A., Equihua, M.E., Cejudo, A., Welsh, C.M., Salazar, S., Gutiérrez, L.A., López, E., García, T., Marín, M. (Compiladores). Universidad Veracruzana, Instituto Nacional de Ecología, Embajada Británica, UNAM, INECOL. 169 pp.

- RNA. 2005. Registro Nacional Agrario. México. 22 pp.
- ROOT, T., PRICE, J.T., HALL, K.R. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* 421: 57-60.
- RUIZ, B.A., TEJEDA, M.A., MIRANDA, A.S., FLORES, Z.R.H. Climatología. 65-84pp. En Atlas del patrimonio natural, histórico y cultural de Veracruz. Tomo I. Patrimonio Natural. Florescano, E., Ortiz, E.J. Coordinadores. 280 pp.
- RZEDOWSKI, J. 1978. La Vegetación de México. Ed. LIMUSA. México, D.F. 478 pp.
- SAI (SITUACION AMBIENTAL INTERNACIONAL). 2006. Principales preguntas sobre el cambio climático. Respuesta 6.17. Cambio climático - Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático, Argentina. Disponible en:
- SALA, O.E., CHAPINI, F.S., ARMESTO, J.J., BERLOW, E., BLOOMFIELD, J., DIRZO, R., HUBER-SANWALD, E., HUENEKE, L.F., JACKSON, R.B., KINZIG, A., LEEMANS, R., LODGE, D.M., MOONEY, H.A., HOESTERHELD, M., LEROY, N., POOF, M.T., SYKES, B.H., WALKER, M., WALKER, WALL, D. 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287: 1770-1774.
- SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, A., LÓPEZ-MATA, L., GRANADOS-SÁNCHEZ, D. 2005. Semejanza florística entre los bosques de *Abies religiosa* (H.B.K.) Cham.& Schltdl. de la Faja Volcánica Transmexicana. *Boletín del Instituto de Geografía. UNAM.* 56: 62-76.
- SÁNCHEZ-VELÁSQUEZ, L.R., PINEDA-LÓPEZ, M.R., HERNÁNDEZ, M.A. 1991. Distribución y estructura de la población de *Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. et Cham. en el Cofre de Perote, Estado de Veracruz, México. *Acta Botánica Mexicana* 16: 45-55.
- SÁNCHEZ-VELÁSQUEZ, L.R., HERNÁNDEZ, G., CARRANZA, M., PINEDA LÓPEZ., M.R., CUEVAS, R., ARAGÓN, F. 2002. Estructura arbórea del bosque tropical caducifolio usado para la ganadería extensiva en el norte de la Sierra de Manantlán, México: Antagonismo de usos. *Polibotánica* 13: 25-46.
- SÁNCHEZ-VELÁSQUEZ, L.R., PINEDA-LÓPEZ, M.R., GALINDO-GONZÁLEZ, J., DÍAZ-FLEISCHER, F., ZÚÑIGA GONZÁLEZ, J.L. 2009. Opportunity for the study of critical successional processes for the restoration and conservation of mountain forest: the case of mexican pine plantations. *Interciencia* 34(7): 518-522.
- SÁNCHEZ-VELÁSQUEZ, L.R., PINEDA-LÓPEZ, M.R., ZÚÑIGA, J.L. 2009. Uso sustentable de los bosques de montaña en Veracruz: la meta. En:

- CONABIO. Estudio de la biodiversidad en el Estado de Veracruz. 1019-1031. En prensa.
- SARH (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos). 1994. Inventario Nacional Forestal Periódico, Ciudad de México.
- SEDARPA. 2006. Plan Sectorial Forestal Estatal 2006-2028. Gobierno del Estado de Veracruz, SEDARPA-DGDF. Xalapa, Veracruz.
- SEMARNAP (Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca). 1996. Programa de Áreas Naturales Protegidas de México. 1995-2000. 1ª Ed. 158 pp.
- SEMARNAP (Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca). 1998. Diagnóstico de la deforestación en México, Subsecretaría de Recursos Naturales, Dirección General Forestal, Unidad del Inventario Nacional de Recursos Naturales, México. Disponible en: http://www.ccmss.org.mx/download/diag_de_forestacion_mex.doc
- SEMARNAT, CONAFOR. 2010. Visión de México sobre REDD+: hacia una estrategia nacional. 57 pp.
- SEMARNAT. 2000. Inventario Forestal Nacional. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- SHAFFER, C.L. 1999. National park and reserve planning to protect biological diversity: some basic elements. *Landscape Urban Plann.* 44: 123-153.
- SHEINBAUM, C., MASERA, O. 2000. Mitigating carbon emissions while advancing national development priorities: The case of Mexico. *Climate Change* 47: 259-282.
- SIRE (Sistema de Información de la Reforestación). CONABIO, PRONARE. 2001. Paquetes tecnológicos. <http://beta.semarnap.gob.mx/pfnm/> Última consulta 8 de Julio de 2009.
- SKERRIT, D. 1993. La tentación de la ganadería. En: Barrera, N., Rodríguez, H. (Coords.). Desarrollo y Medio Ambiente en Veracruz. Impactos económicos, ecológicos y culturales de la ganadería en Veracruz. F. Friedrich Ebert, CIESAS-Golfo, INECOL. Xalapa, Ver. 109-116.
- SMITH, J.B. 1997. Setting priorities for adapting to climate change. *Global Environmental Change* 7(3): 252-264.
- SOLÍS, O.R. 2010. Caracterización del bosque de *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. et Cham en la comunidad El Conejo, Municipio de Perote, Veracruz. Tesis Licenciatura en Agronomía. Facultad de Agronomía. Universidad Veracruzana. México. Veracruz. 56 pp.
- SOTO, M., ANGULO, R., 1990. Estudio climático de la región del Cofre y Valle de Perote. Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz. 103 pp.

- STERN, N. 2006. Stern Review: The economics of climate change. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 579 pp.
- SUNDERLIN, W., LARSON, A.M., CRONKLETON, P. 2009. Forest tenure rights and REDD+. From inertia to policy solutions. En: Angelsen, A. (Ed.). Realising REDD+: National Strategy and Policy Options. Center for International Forestry Research. Bogor, Indonesia. 139-150.
- TAKAKI, F.F. 2010. Información básica para la construcción de la tasa de deforestación. INEGI. Disponible en:
- TAMAYO, J.L. 1984. Geografía moderna de México. 9ª Ed. Trillas. México, D.F. 400 pp.
- TAYLOR, O.C. 1969. Injury symptoms produced by oxidant air pollutants. En: N.L. Lacasse y W.J. Morox eds. Handbook of effects assessment of vegetation damage. Pennsylvania. 4:1-10.
- THE FORESTS DIALOGUE. 2008. Beyond REDD: The role of forests in climate change. A statement. Yale University. Disponible en:
- TOLEDO, V.M., CARABIAS, J., TOLEDO, C., GONZÁLEZ-PACHECO, C. 1989. La producción rural en México: alternativas ecológicas. Fundación Universo Veintiuno, México. 421 pp.
- TOLEDO, V.M., ORTIZ-ESPEJEL, B., CORTÉZ, L., MOGUEL, P., ORDOÑEZ, M.D.J. 2003. The multiple use of tropical forests by indigenous peoples in Mexico: A case of adaptive management. Conservation Ecology 7(3): 9. Disponible en: <http://www.consecol.org/vol7/iss3/art9>
- TORRES, R.J.M., GUEVARA, S.A. 2002. El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico. INE. SEMARNAT. Gaceta Ecológica 63: 40-59.
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). 2003. Caring for climate change. A guide to the climate change convention and the Kyoto protocol. Issued by the Climate Change Secretariat. Bonn, Germany. 33 pp.
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). 2010. Ficha informativa: Necesidad de adaptación. Octubre 2010. 8 pp.
- UN-REDD PROGRAMME. 2009. Newsletter. Disponible en (13 noviembre 2009): www.un-redd.org
- VANCLAY, J.K., BRUNER, A.G., GULLINSON, R.E., RICE, R.E., DA FONSECA, G.A.B. 2001. The effectiveness of Parks. Science 293(5532):1007. Disponible en:
- VARGAS, M.A.A., YAÑEZ, S.A. 2004. La captura de carbono en bosques: ¿Una herramienta para la gestión ambiental? INE, SEMARNAT. Gaceta Ecológica 70: 76.

- VARGAS, M.F. 1997. Parques Nacionales de México. Aspectos físicos, sociales, legales, administrativos, recreativos, biológicos, culturales, situación actual y propuestas en torno a los Parques Nacionales de México. Instituto Nacional de Ecología. Primera edición. 718 pp.
- VEGA-LÓPEZ, E. 2008. Valor económico potencial de las áreas naturales protegidas federales de México como sumideros de carbono. Facultad de Economía, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Reporte de consultoría, The Nature Conservancy - Programa México. 7 pp.
- VELÁZQUEZ, A., MAS, J.F., DÍAZ-GALLEGOS, J.R., MAYORGA-SAUCEDO, R., ALCÁNTARA, P.C., CASTRO, R., FERNÁNDEZ, T., BOCCO, G., EZCURRA, E., PALACIO, J.L. 2002. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. INE-SEMARNAP. Gaceta Ecológica 62: 21-37.
- VILLALOBOS, I. 2000. Áreas Naturales Protegidas: Instrumento estratégico para la conservación de la biodiversidad. INE-SEMARNAP. Gaceta Ecológica 54: 24-34.
- VILLERS-RUIZ, L., TREJO-VÁZQUEZ, I. 1998. Impacto del cambio climático en los bosques y áreas naturales protegidas de México. Interciencia 23(1): 10-19.
- VILLERS-RUIZ, L., TREJO-VÁZQUEZ, I. 2004. Evaluación de la vulnerabilidad en los ecosistemas forestales. En: Martínez, J., Fernández, A. (Compiladores). Cambio climático: una visión desde México. INE. SEMARNAT. 523 pp.
- WALKER, B., SALT, D. 2006. Resilience thinking: sustaining ecosystems and people in a changing world. Island Press, Washington, DC., USA. 174 pp.
- WERF, G.R. VAN DER MORTON, D.C., DEFRIES, R.S., OLIVIER, J.G.J., KASIBHATLA, P.S., JACKSON, R.B., COLLATZ, G.J., RANDERSON, J.T. 2009. CO₂ emissions from forest loss. Nature Geoscience 2: 737–738.
- WHITE, A. 2011. To succeed, the REDD initiative needs a dose of 'GREEN' to restore degraded forests and help boost economic development. Nature 477: 267.
- WILLIAMS, L.G. 2007. El bosque de niebla del centro de Veracruz: ecología, historia y destino en tiempos de fragmentación y cambio climático. Conabio. México. 204 pp.
- WRI (World Resource Institute). 2003. Ecosistemas y bienestar humano: marco para la evaluación. Informe del Grupo de Trabajo sobre Marco Conceptual de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio. 31 pp.

www.ccmss.org.mx/modulos/biblioteca_consultar.php?folio=253

www.theforestsdialogue.org/climate.html.

ZIZUMBO-VILLARREAL, D., COLUNGA-GARCIMARIN, P. 1993. Tecnología agrícola tradicional, conservación de recursos naturales y desarrollo sustentable. En: Leff, E., Carabias, J. (Coords.). Cultura y manejo sustentable de recursos naturales. CIIH/UNAM-Miguel Ángel Porrúa, México. 165-202.

ZÚÑIGA, I., PEÑA, A. 2009. Retos y oportunidades del sector forestal ante el cambio climático. Nota Informativa No. 23 del CCMSS. Editorial CCMSS. 6 pp.

ZÚÑIGA, J.L., PINEDA-LÓPEZ, M.R., BECERRA, J. 2008. Las 60 Montañas Prioritarias: una estrategia de gestión forestal en México. En: Sánchez-Velásquez, L.R., Galindo-González, J., Díaz-Fleischer, F. (Eds.). Ecología, manejo y conservación de los ecosistemas de montaña en México. CONABIO, Mundi Prensa, LABIOTECA, UV. 93-124.

CAPÍTULO 2. CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO: DOS CASOS DE ESTUDIO

2.1. Resumen

En este capítulo se presentan dos estudios de la dinámica del suelo, como la base para conocer las tendencias en la degradación de los recursos naturales a escala regional y local. El primero de ellos se llevó a cabo en el Parque Nacional Cofre de Perote (PNCP) para el período 1995-2004, y el segundo en el ejido El Conejo, ubicado dentro del territorio del PNCP, y para el período 1995-2005. En ambos casos se utilizaron ortofotos digitales, con escalas 1:20.000 y 1:10.000 en el primer caso, y 1:40.000 en el segundo. Se identificaron los diferentes tipos de usos de suelo y vegetación, se generaron datos de la extensión ocupada por cada tipo de cobertura existente y se estimó el porcentaje de los cambios a nivel de superficie producidos en cada período. Los resultados encontrados para el PNCP señalan que los cambios más relevantes ocurridos en el período estudiado fueron un aumento en la superficie de las categorías de “Pastizal” y “Bosque abierto con agricultura”. Respecto al ejido El Conejo, los resultados obtenidos muestran que la mancha arbórea ha permanecido (con un pequeño incremento en su superficie) y ésta es muy similar a la categoría de cultivo. Se ha encontrado que la superficie del bosque en el ejido puede aumentar a partir de la categoría de matorral, con una probabilidad estimada de un 92%. Los resultados de los casos muestran que la categoría de Parque Nacional no constituye una premisa de conservación si sus pobladores no son considerados, integrados y encaminados hacia un manejo sustentable de sus recursos. El esquema de manejo comunitario que distingue a México podría ser una alternativa a considerar y garantizar un mejoramiento en las condiciones de calidad del bosque y de su conservación.

2.2. Introducción

Las modificaciones en el paisaje forestal, a partir de los cambios en el uso del suelo, representan una importante fuente de impactos ecológicos, definidos como deforestación o degradación forestal, que operan a escalas locales, regionales y globales (Lambin, 1997). Así mismo, los cambios de uso del suelo constituyen una fuente de pérdida de biodiversidad y una reducción en la calidad de los diversos servicios ecosistémicos a nivel local, regional y

mundial (Hobbs, 1993; Lee *et al.*, 1995; Collinge, 1996; Tabarelli *et al.*, 2004; Ghosh, 2004).

Las causas de la deforestación a nivel mundial son múltiples y complejas e involucran factores institucionales, tecnológicos, técnicos, socio-económicos y demográficos. Algunas de las acciones que han contribuido a la pérdida de bosques en el planeta son: la agricultura migratoria a través del proceso de roza-tumba-quema y la apertura de claros para su establecimiento, la tala clandestina, los incendios antropogénicos (que no solo han causado deforestación en bosques templados, sino también su degradación) y la modificación en la composición del suelo (CCMSS, 2009).

El entendimiento de las dinámicas de uso del suelo y la cobertura de la tierra constituyen investigaciones clave y necesarias ante el cambio climático global (Geist y Lambin, 2001). Los estudios de Uso del Suelo, Cambio en el Uso del Suelo y Forestería (LULCF, por sus siglas en inglés) evalúan las dinámicas en las transformaciones del paisaje y permiten establecer las causas y consecuencias, representando una valiosa herramienta para los usuarios y generadores de políticas públicas en torno al uso del suelo, al ofrecer escenarios de cambios futuros y sus efectos, no solo en el medio natural, sino también en el social y, por tanto, en el económico (Geist y Lambin, 2001; Ellis y Pontius, 2007).

México ha sufrido una pérdida de más del 90% de la superficie original de selvas altas y casi la mitad de la superficie de bosques templados a una tasa anual cercana al 1,1% (OCDE, 2003). Esto determina la necesidad de implementar estrategias encaminadas a la conservación de los fragmentos remanentes y a la rehabilitación de los ecosistemas degradados. De acuerdo a Lambin (1997), la información a nivel cuantitativa referente a dónde, cuándo, cuánto y por qué ocurren las modificaciones en el paisaje es aun incompleta.

El estudio de cambio en el uso del suelo en México constituye una tarea prioritaria (Bocco *et al.*, 2001), dado que es considerado como uno de los países con mayor tasa de deforestación. Por ejemplo, en la década de los noventa del siglo XX tuvo una pérdida anual de 720.000 ha de bosques, selvas y vegetación semiárida. En términos de los patrones de deforestación, si bien son diferentes para cada región, se estima que cerca del 80% de la deforestación se concentra en el centro y sur del país (Masera, 1996). Sin embargo, es necesario resaltar que una condición prevaleciente en los ecosistemas que son objeto de deforestación es la degradación o deterioro de los mismos, es decir una menor calidad en términos de estructura de los

bosques y, por tanto, de los procesos ecosistémicos que mantienen, lo cual constituye una consecuencia grave que se suma al mismo proceso de deforestación.

En el estado de Veracruz el cambio de uso del suelo ha generado un paisaje boscoso fragmentado, ya que los bosques solo constituyen, junto con las selvas, el 18% de la superficie del estado, mientras que la ganadería ocupa un 47%, la agricultura un 28% y otros usos en zonas inundables y semiáridas un 7% (SEDARPA, CONAFOR, 2006). En Veracruz el bosque de oyamel (*Abies*) lo compone principalmente *Abies religiosa* (HBK.) Schltdl. et Chamy, y en segundo grado *Abies hickelii* Flous & Gausen. Ambas son especies de rápido crecimiento y con mucho potencial para ser manejadas de manera sostenible. Además, son tolerantes a la sombra, aunque *Abies religiosa* regenera mejor en claros dentro del bosque (Lara-González *et al.*, 2009) o en áreas abiertas bajo el dosel del arbusto *Baccharis conferta* (Sánchez-Velasquez *et al.*, 2011).

Dos de las principales áreas ocupadas por estas especies son el Cofre de Perote y el Pico de Orizaba. En el Cofre de Perote los bosques se encuentran en un alto grado de deterioro debido al cambio de uso del suelo (principalmente para el cultivo de papa y haba, entre otros), pues la expansión de la frontera agrícola va en detrimento de la superficie del bosque natural de *Abies religiosa*, que ha sufrido una fragmentación significativa (Sosa, 1937; Sánchez-Velásquez *et al.*, 1991; Lagunes y Hernández, 1994).

De acuerdo a Sánchez-Velásquez *et al.* (1991), el bosque de oyamel ocurre con mayor frecuencia en sitios con pendientes que oscilan entre el 40 y 55% y en altitudes entre 3.200 y 3.400 msnm, como resultado de la presión humana, pues los cultivos agrícolas desplazan al bosque en las partes menos inclinadas. Una de las áreas representativas del Cofre de Perote en donde ocurre el binomio cultivos-bosque de *Abies* es el ejido de El Conejo y áreas circundantes, lugar donde se realizó uno de los dos casos de este estudio.

A continuación se describen los dos estudios de caso relacionados con la dinámica del paisaje a nivel regional y local.

2.3. Primer caso de estudio: Dinámica del paisaje en el Parque Nacional Cofre de Perote durante el período 1995-2004

2.3.1. Objetivo

Conocer la modificación a nivel del paisaje que ha ocurrido en el Parque Nacional Cofre de Perote entre 1995 y 2004 por cambios en el uso del suelo.

2.3.2. Materiales y métodos

La identificación de los diferentes usos del suelo y tipos de vegetación se realizó con base en fotointerpretación de ortofotos digitales a escala 1:20.000 del año de 1995 y 1:10.000 del año de 2004, correspondientes a la faja “E” (latitud) y zona 14 (longitud): E14B26, E14B27, E14B36 y E14B37 (INEGI, 1995 y 2004). Esta herramienta fue empleada por la resolución que presenta y resultó ser apropiada para la interpretación de la vegetación y el análisis de la cobertura del uso del suelo, tal y como señalan González y Marey (2009). Las clasificaciones de uso del suelo y vegetación se basaron en tamaño, forma, sombra, tono y textura de los objetos en la fotografía (Graham, 1990; citado en González y Marey, 2009), y se organizaron considerando las siguientes categorías en función del conocimiento del área: “Cuerpo de agua”, “Bosque abierto con agricultura”, “Sin vegetación”, “Asentamiento humano”, “Bosque abierto”, “Pastizal”, “Bosque abierto con pastizal”, “Agricultura” y “Bosque cerrado”.

Para la corroboración en campo de lo observado en las ortofotos y lo digitalizado se trazaron parcelas de una hectárea de superficie en toda la zona de estudio, mediante la extensión “Repeating shapes”; mientras que con “Random Point Generator v. 1.1” se seleccionó al azar el 10% de superficie por tipo de uso del suelo y vegetación del Parque Nacional Cofre de Perote (PNCP). Para la verificación en campo se identificaron las coordenadas del centro del polígono para ser incluidas en un GPS y con ello dirigirse a los sitios en cuestión.

2.3.2.1. Generación de cartografía

Para la elaboración del mapa de uso del suelo y vegetación basado en la fotointerpretación de las ortofotos digitales de la región y la verificación en campo, se construyó un SIG (Sistema de Información Geográfica) ex profeso

para el Parque Nacional Cofre de Perote (PNCP), mediante el programa Arc Map 9.2 (Arc Info), incorporando capas de información de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) como vías de acceso, localidades urbanas y localidades rurales.

2.3.2.2. Análisis de la información

Para analizar el cambio de uso del suelo y vegetación de los años de 1995 y 2004 fue necesario realizar un proceso de superposición llamado cruce de tablas, mediante el comando de “unión” de Arc Map 9.2 (Arc Info), que permitió generar el mapa y la tabla de datos, así como la matriz de transición mediante el comando de tablas dinámicas en Excel (Office), identificando los cambios en superficie por uso del suelo y vegetación.

Con el proceso de tabulación de los datos obtenidos mediante Arc Map 9.2 (Arc Info) se generó la matriz de transición y la matriz de probabilidad de transición, la cual indica en términos relativos (dados en porcentaje) la posibilidad que tiene una categoría de uso del suelo y vegetación de mantener su condición o de cambiar a otra categoría.

2.3.3. Resultados

2.3.3.1. Uso del suelo y vegetación en el año de 1995

De acuerdo a la fotointerpretación de las ortofotos digitales E14B26, E14B27, E14B36 y E14B37 (INEGI, 1995) y a las categorías definidas, se determinó que el total del área de estudio es de 11.530,7 ha. En el año de 1995 destacan en la zona de estudio, por extensión, los siguientes usos del suelo y vegetación (Tabla 2.1, Figuras 2.1 y 2.2): la “Agricultura”, que representaba el 28,6% (3.301,5 ha); el “Bosque abierto”, que ocupaba el 25,5% (2.943,1 ha); el “Bosque abierto con pastizal” con un 21,1% (2.431,3 ha); y el “Bosque cerrado” con el 18,5% (2.135,8 ha).

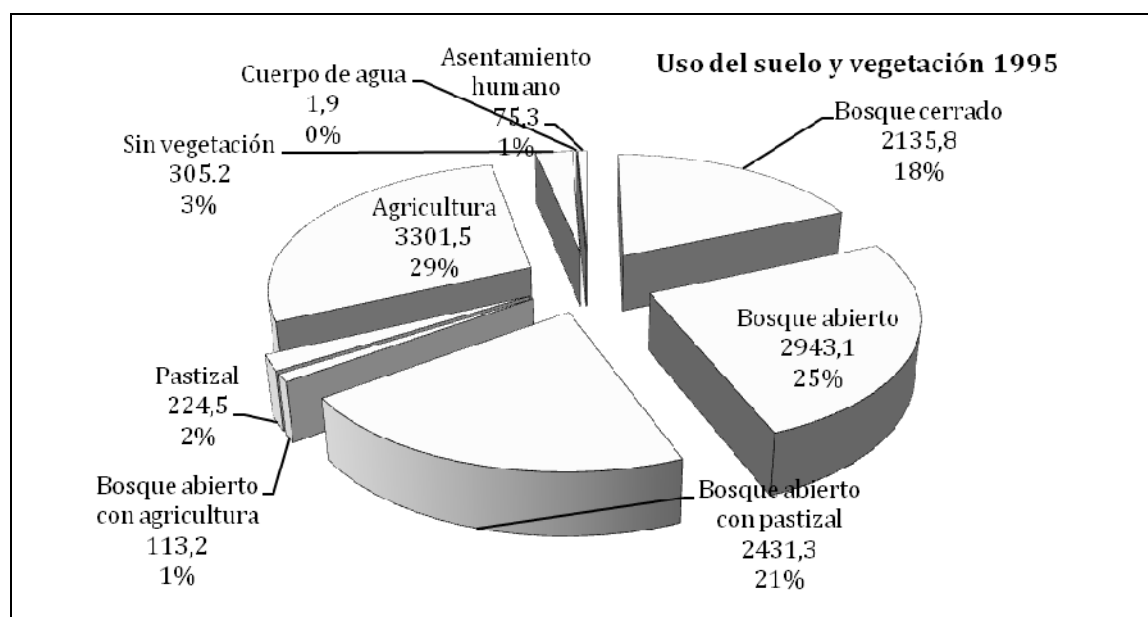


Figura 2.1. Superficie y porcentaje de uso del suelo y vegetación para el Parque Nacional Cofre de Perote en 1995.

Tabla 2.1. Superficie, porcentaje y cambios en el uso del suelo y vegetación en la región del Cofre de Perote en los años de 1995 y 2004.

Uso del suelo y vegetación	1995		2004		Cambio de superficie		Sin cambio de superficie	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Agricultura	3.301,5	28,6	3.208,2	27,8	-93,3	-0,81	3.121,6	27,1
Asentamiento humano	75,3	0,7	75,3	0,7	0,0	0,00	75,3	0,7
Bosque abierto	2.943,1	25,5	2.804,2	24,3	-138,9	-1,20	2.093,3	18,2
Bosque abierto con agricultura	113,2	1,0	272,8	2,4	159,6	1,38	28,2	0,2
Bosque abierto con pastizal	2.431,3	21,1	434,3	3,8	-1.997,0	-17,32	422,6	3,7
Bosque cerrado	2.135,8	18,5	2.220,5	19,3	84,7	0,73	1.518,2	13,2
Cuerpo de agua	1,9	0,0	4,3	0,0	2,4	0,02	1,9	0,0
Pastizal	224,5	1,9	2.129,1	18,5	1.904,6	16,52	193,7	1,7
Sin vegetación	305,2	2,6	381,9	3,3	76,7	0,66	305,2	2,6
Total general	11.530,7		11.530,7					

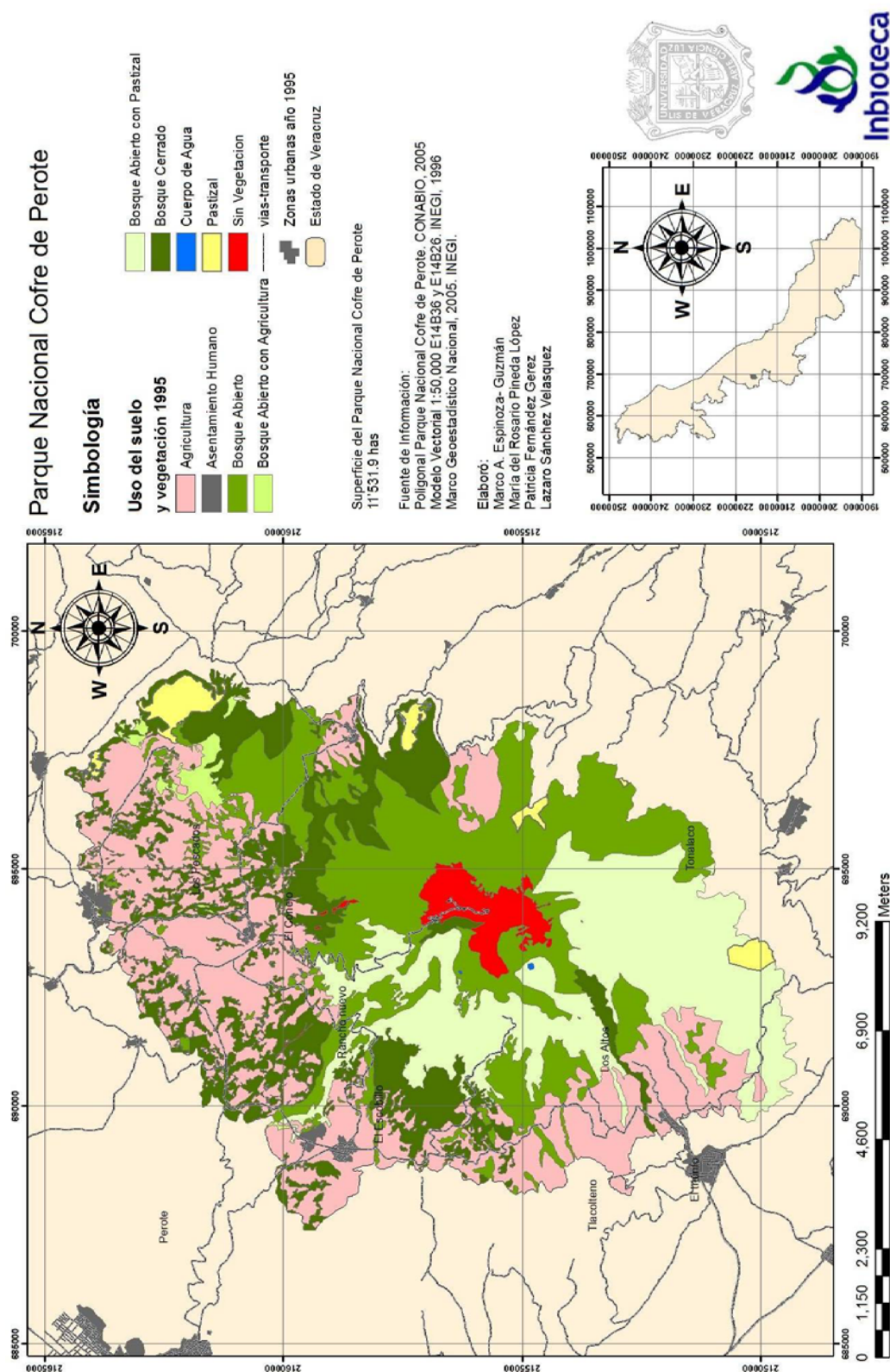


Figura. 2.2. Usos del suelo y vegetación para el Parque Nacional Cofre de Perote en 1995.

2.3.3.3. Uso del suelo y vegetación en el año de 2004

Con base en la fotointerpretación de las ortofotos digitales correspondientes al año de 2004 (INEGI, 2004), se estimó que en las 11.530,7 ha totales los usos del suelo y vegetación más sobresalientes por extensión fueron (Tabla 2.1, Figuras 2.3 y 2.4): La “Agricultura” con el 27,8% (3.208,2 ha); el “Bosque abierto” con el 24,3% (2.804,2 ha); el “Bosque cerrado” con el 19,3% (2.220,5 ha); y el “Pastizal” con el 18,5 % (2.129,1 ha).

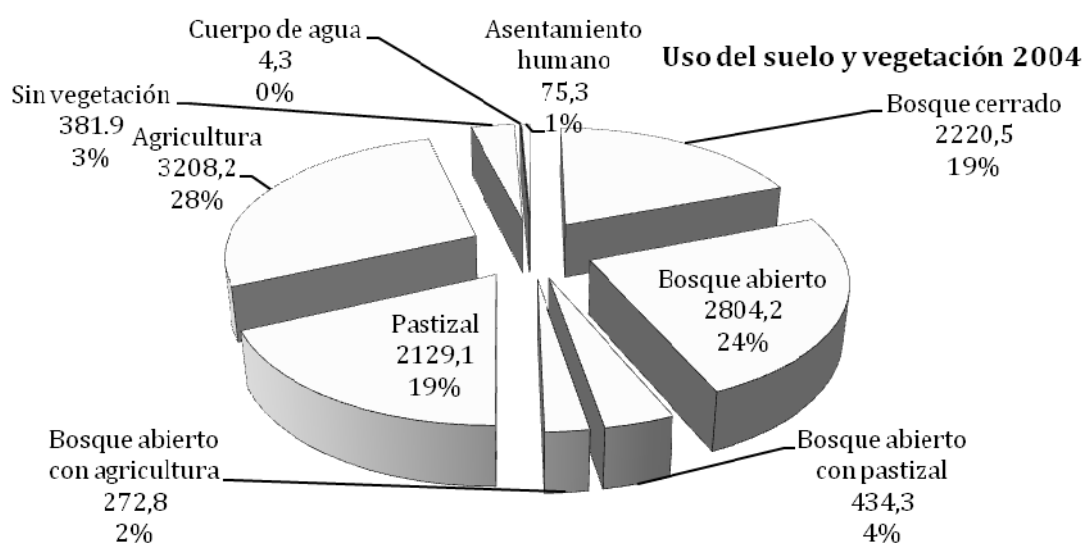


Figura 2.3. Superficie y porcentaje de uso del suelo y vegetación en el Parque Nacional Cofre de Perote en 2004.

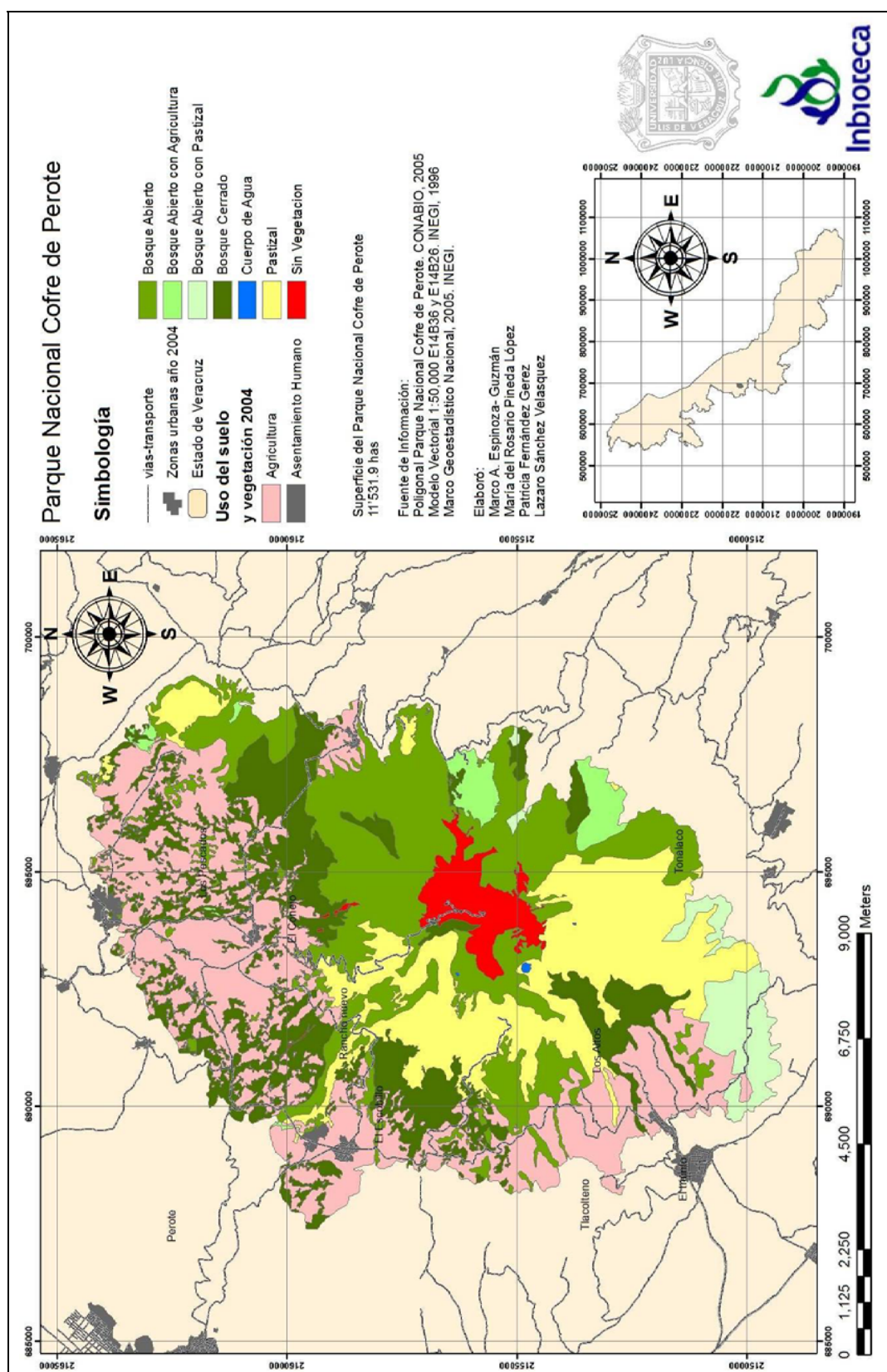


Figura. 2.4. Usos del suelo y vegetación para el Parque Nacional Cofre de Perote en 2004.

2.3.3.4. Cambios de uso del suelo y vegetación del año de 1995 a 2004

Mediante el SIG se llevó a cabo el traslape de las capas de información de cambio de uso del suelo y vegetación de los años de 1995 y 2004. De los cambios sobresalientes en términos de reducción de superficie del año de 1995 a 2004 se destacan (Tabla 2.1, Figuras 2.5 y 2.6): el “Bosque abierto con pastizal”, que de 2.431,3 ha (un 21,1 %) se redujo a 434,3 ha (3,8%), lo que representa una disminución del 17,32% (1.997,0 ha); el “Bosque abierto”, que ocupaba el 25,5% (2.943,1 ha) y se redujo al 24,3% (2.804,2 ha), por lo que presentó una merma de 138,9 ha (1,2%); y la “Agricultura”, que pasó del 28,6% (3.301,5 ha) al 27,8% (3.208,2 ha), reduciéndose entonces un 0,81% (93,3 ha).

En relación a los usos del suelo que aumentaron en superficie destacan los siguientes: el “Pastizal” con un aumento del 16,52% (1.904,6 ha), ya que pasó de 224,5 ha (1,9%) en el año 1995 a 2.129,1 ha (18,5%) en 2004; el “Bosque abierto con agricultura”, que tuvo un aumento del 1,38% (159,6 ha), pues pasó de 113,2 ha (1,0%) a 272,8 ha (2,4%) para el mismo período; el “Bosque cerrado”, que aumentó en un 0,73% (84,7 ha), de 2.135,8 ha (18,5%) a 2.220,5 ha (19,3%); y finalmente “Sin vegetación”, que en el primer año evaluado tenía 305,2 ha (2,6%) y pasó a 381,9 ha (3,3%), lo que representa un aumento del 0,66% (76,7 ha).

A continuación se describen con más detalle los cambios de uso del suelo durante el período estudiado para cada una de las categorías analizadas (Figuras 2.5 y 2.6).

2.3.3.5. Agricultura

En la Tabla 2.1 se indica que en 1995 había 3.301,5 ha (28,6 %) dedicadas a la “Agricultura” y para el año 2004 eran 3.208,2, que correspondieron al 27,8%. En este período permanecieron sin cambio 3.121,6 ha (27,1%), lo cual significa que hubo una reducción de 93,3 ha (0,81%), que fueron ocupadas por “Bosque abierto con agricultura” (71,6 ha, 0,62%), “Bosque cerrado” (6,7 ha, 0,06%) y “Bosque abierto” (8,2 ha, 0,07%).

2.3.3.6. Asentamientos humanos

Para el año de 1995 la superficie que ocupaba este tipo de uso del suelo fue de 75,3 ha (0,7 %) y se mantuvo hasta el año 2004 (Tabla 2.1).

2.3.3.6. Bosque abierto

Este tipo de vegetación en el año de 1995 ocupó 2.943,1 ha, pasando en el año 2004 a 2.804,2 ha (Tabla 2.1), lo que representó una pérdida del 1,2% (138,9 ha). Conservó una superficie sin cambio en el período estudiado de 2.093,3 ha (18,15%), por lo que los cambios fueron: a “Bosque cerrado” 610,8 ha (5,3%); a “Bosque abierto con pastizal” 36,1 ha (0,31%); a “Agricultura” 31,5 ha (0,27%); a “Pastizal” 19,1 ha (0,17%); y a “Bosque abierto con agricultura” 13,4 ha (0,12%).

2.3.3.7. Bosque abierto con agricultura

Según se desprende de los datos de la Tabla 2.1, este tipo de vegetación en 1995 se identificó en 113,2 ha de superficie (1,0%), pasando a 272,8 ha (2,4%) en el 2004 y manteniendo una superficie sin cambio de 28,2 ha (0,24%). La ganancia del cambio fue de 159,6 ha (1,38%), de las cuales 135,7 ha (1,18%) procedieron del “Bosque abierto”, y 109,0 ha (0,94%) de la Agricultura.

2.3.3.8. Bosque abierto con pastizal

Este tipo de vegetación mantuvo una superficie de 422,6 ha (3,66 %) en el período estudiado (Tabla 2.1). En el año de 1995 se identificó una superficie de 2.431,3 ha (21,10%) y para el año 2004 se encontró una pérdida de 1.997,0 ha (17,32%), proveniente principalmente del “Pastizal”, que aportó 11,7 ha (0,1 %).

2.3.3.9. Bosque cerrado

Este tipo de vegetación en 2004 tuvo una superficie de 2.220,5 ha (18,5%), mientras que en el año de 1995 tenía 2.135,8 ha (18,5%), identificándose que permanecieron sin cambio 1.518,2 ha (13,17%), y representando un aumento de 84,7 ha (0,73%), que provienen del “Bosque abierto” (569,2 ha, 4,94%), del “Bosque abierto con pastizal” (98,5 ha, 0,85%), y de la “Agricultura” (34,6 ha, 0,3%) (Tabla 2.1).

2.3.3.10. Cuerpo de agua

El uso del suelo identificado con esta categoría representó en el año 2004 4,3 ha, permaneciendo sin cambio 1,9 ha desde el año 1995, y con una ganancia de 2,4 ha (0,02%), que provinieron del “Bosque abierto con Pastizal” (Tabla 2.1).

2.3.3.11. Pastizal

El uso del suelo identificado como “Pastizal” permaneció sin cambio en una superficie de 193,7 ha (1,68%) desde 1995 a 2004, incrementando su superficie en 1.904,6 ha (16,52%), que provinieron del “Bosque abierto con pastizal” (1.871,8 ha, 16,23%) y del “Bosque abierto” (63,6 ha, 0,55%) (Tabla 2.1).

2.3.3.12. Sin vegetación

Las áreas identificadas “Sin vegetación” que permanecieron sin cambio de 1995 a 2004 suman 305,2 ha (2,65%), teniendo un incremento de 76,7 ha (0,66%) para el año 2004, que provinieron del “Bosque abierto” (73,0 ha, 0,63%) y de zonas con “Agricultura” (3,6 ha, 0,03%) (Tabla 2.1).

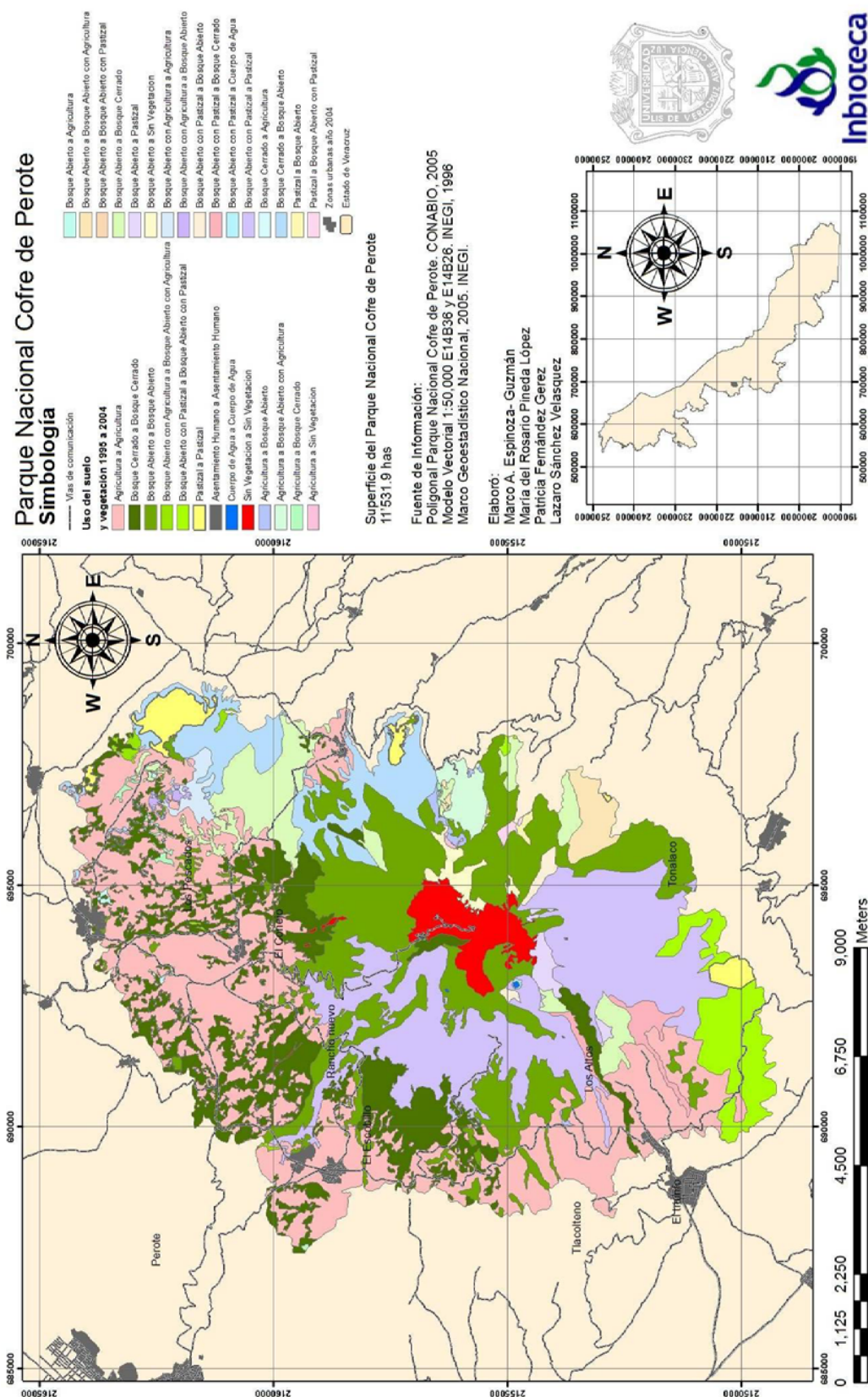


Figura 2.5. Áreas de cambio en el uso del suelo y vegetación del Parque Nacional Cofre de Perote de 1995 a 2004.

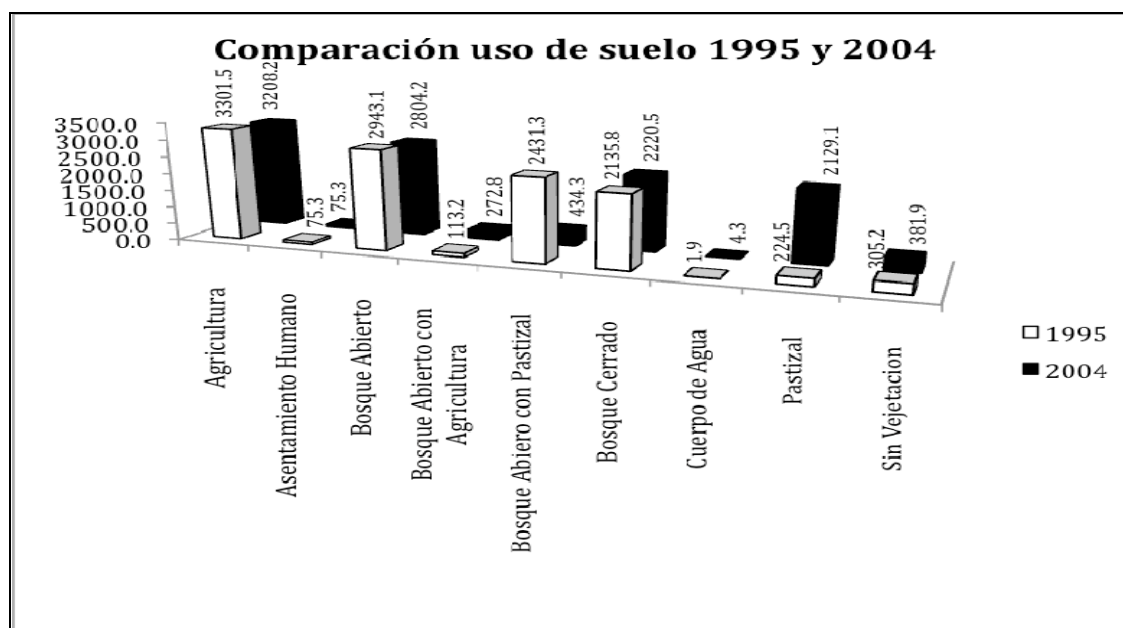


Figura 2.6. Comparación por uso del suelo y vegetación en el Parque Nacional Cofre de Perote de 1995 a 2004.

2.3.4. Discusión

El método empleado para la identificación de los diferentes usos del suelo y tipos de vegetación con base en la fotointerpretación de ortofotos digitales, propuesto por González y Marey (2009), resultó adecuado para identificar la dinámica de uso del suelo en el Parque Nacional Cofre de Perote entre 1995 y 2004.

La construcción del Sistema de Información Geográfica *ex profeso* para el presente trabajo permitió la generación de capas de información de los años de 1995 y 2004 basadas en las categorías seleccionadas (“Cuerpo de agua”, “Bosque abierto con agricultura”, “Sin vegetación”, “Asentamiento humano”, “Bosque abierto”, “Pastizal”, “Bosque abierto con pastizal”, “Agricultura” y “Bosque cerrado”).

Cabe señalar que el cambio más relevante en cuanto al aumento en superficie en el período de 1995 a 2004 (Figuras 2.5 y 2.6) se produjo en el uso de suelo de “Pastizal”, que de un 2% en 1995 pasó a un 19% de la superficie para 2004. El cambio más relevante en cuanto a la disminución en superficie fue el encontrado para la categoría de “Bosque abierto con pastizal”, que en 1995 abarcaba una superficie del 21% y en 2004 solo se encontró en el 4%. Es

decir, lo que ha ocurrido ha sido una pérdida importante de superficie de bosque abierto y un aumento considerable en la superficie del pastizal.

El estudio a nivel de cambio en el uso del suelo, con la metodología que se abordó para el Parque Nacional Cofre de Perote (PNCP), fue comparado con lo reportado para el Parque Nacional Pico de Tancítaro en el estado de Michoacán (Sánchez *et al.*, 2003). En ese trabajo también se observó una disminución en el “Bosque abierto”, y un aumento en la categoría de “Bosque cerrado” del 8%, comparado al 1% encontrado en el presente estudio.

Para ambos casos, no puede asegurarse que la categoría de Parque Nacional esté determinando la conservación de los bosques. En el caso del PNCP, el hecho de que el “Pastizal” fuese la categoría de uso del suelo que más amplió su superficie (19%) y de que la mayor pérdida (17%) la sufriese la categoría del “Bosque abierto con pastizal”, refleja la incompatibilidad de las actividades de los pobladores con el esquema de conservación de dicha área. Bajo estos términos, es necesario que el Programa de Manejo contemple, dentro de sus subprogramas, alternativas productivas para los pobladores que sean compatibles con la restauración y recuperación de su entorno natural.

Existen muchas iniciativas que están enfocadas hacia la conservación de los recursos forestales y al aumento de la frontera de los bosques. Sin embargo, parece que las áreas naturales protegidas han perdido la batalla en este propósito (Hansen *et al.*, 1991; Velásquez *et al.*, 2001), pues existen ya varias comunidades rurales, fuera de las áreas naturales protegidas (ANP), que han estado asumiendo un papel importante en la conservación de los bosques, y existen importantes evidencias de ello (Bray *et al.*, 2007; Larson *et al.*, 2010) en las que México es considerado como uno de los países que están a la vanguardia en temas de manejo comunitario de los bosques (Madrid *et al.*, 2009).

Pero no todas las comunidades propietarias de bosques pueden tomar dichas iniciativas. Las comunidades que viven en territorios de ANP, como es el caso del ejido El Conejo, se encuentran en una condición por demás crítica, pues por un lado no pueden aprovechar los bosques de una manera sostenible a través de un plan de manejo (ya que la legislación se lo impide), pero por otro requieren del bosque y lo utilizan sin ningún plan, degradando la calidad del mismo a través del saqueo “hormiga”, el ocoteo¹², entre otras actividades, a pesar de no estar permitidas en un ANP.

¹² Proceso que implica sacar rajas de madera impregnadas de resina que se utilizan para encender el fuego en las cocinas.

Recientemente, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) ha emitido un documento para México sobre el proceso de evaluación del Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas 2007-2012, en el que se definen una serie de temas, objetivos y estrategias que pretenden mejorar el esquema de conservación para el país analizando la efectividad y el impacto en la aplicación de políticas públicas en las ANP federales (CONANP, s.a).

Si bien el planteamiento no se hace diferenciando las categorías de conservación existentes (lo cual sería de gran ayuda, ya que no es lo mismo conservar recursos naturales en una Reserva de la Biosfera que en un Parque Nacional, por ejemplo), se establecen una serie de objetivos dentro de los cuales el tema de la tenencia de la tierra, que es un punto nodal en la problemática de los Parques Nacionales del país, solo es considerado en términos de *“incrementar la superficie de terrenos de propiedad federal bajo el manejo y administración (en destino) de la CONANP para ser incorporados directamente a los fines de conservación del patrimonio natural de México...”* y no en términos de clarificar y definir la relación y el papel que guardan los pobladores dentro de los Parques Nacionales.

Es decir, aun con esto, queda sin definir una estrategia nacional clara, congruente y realista, que no solo reconozca a los pobladores que viven dentro de los parques nacionales, sino que los integre como actores fundamentales de cambio. Lamentablemente al parecer dichos pobladores tendrán que seguir esperando aún más tiempo para poder aprovechar de manera sustentable sus bosques.

2.4. Segundo caso de estudio: Cambios en el uso del suelo del ejido El Conejo durante el período 1995-2005

2.4.1. Objetivo

Conocer el cambio a nivel del paisaje que ha ocurrido en el ejido El Conejo entre 1995 y 2005 por cambios en el uso del suelo.

2.4.2. Materiales y métodos

2.4.2.1. Fotointerpretación

La proyección y las características generales de los datos espaciales (cartas, ortofotos y mapas) utilizados como insumos, y de los productos resultantes, fueron los siguientes:

Proyección	Universal Transversa de Mercator
Esferoide	GRS 80
Zona	14
Datum	ITRF92
Unidades	Metros

Las especificaciones de cada uno de los mapas realizados se presentan a continuación.

2.4.2.2. Mapa de vegetación y uso del suelo (año 1995)

Para la elaboración del mapa de vegetación y uso del suelo del año 1995 se utilizó la ortofoto digital del INEGI (1995a), siendo sus características principales las siguientes:

Clave de ortofoto	E14B26E
Fecha de vuelo de fotografía	Marzo de 1995
Escala de fotografía	1:75.000
Tamaño del píxel	2 m ²

El primer paso para la realización de este mapa fue el trazado de las poligonales identificadas como diferentes, digitalizando directamente en pantalla y teniendo de fondo la ortofoto correspondiente.

La escala de trazado (digitalización) de las poligonales fue 1:10.000, lo que permitió disminuir el margen de error (escala de representación 1:15.000). El área mínima cartografiable fue de aproximadamente 3x3 mm, a la misma escala que la del trazado (1:10.000), por lo que solo se digitalizaron poligonales de aproximadamente 900 m² de medidas reales y superiores. Como otra premisa importante se asignó el nombre o etiquetado del tipo de vegetación o uso, cubriendo superficies que se encontrasen entre ciertos rangos; así, por

ejemplo, en las poligonales de la categoría “Cultivo” los cultivos debían cubrir más del 90% de su superficie, por lo que otros usos o vegetaciones, como por ejemplo árboles aislados, solo podían estar presentes en un 10% o menos, y presentar complejidad para su delimitación; o en el caso de las poligonales de “Cultivo con árboles” el cultivo debía cubrir entre un 60% y 90% y los árboles el porcentaje restante, siempre y cuando se encontrasen aislados. A continuación se realizó la cuantificación de las superficies resultantes para su análisis y representación en el mapa.

2.4.2.3. Mapa de vegetación y uso del suelo (año 2005)

Para la elaboración de este mapa se utilizaron ortofotos digitales del INEGI (2004a), cuyas principales características fueron las siguientes:

Claves de ortofotos	E14B26E3 y E14B26E4
Fecha de vuelo de la fotografía	Noviembre de 2004
Escala de fotografía	1:40.000
Tamaño del píxel	1 m ²

Los tres pasos mencionados para el mapa anterior (Mapa de vegetación y uso del suelo del año 1995) aplican para la confección de éste, por lo que no se mencionan nuevamente.

2.4.2.4. Mapa de cambio de uso del suelo y vegetación en el período 1995-2005

Este mapa es el producto de la integración de los dos mapas anteriores, y fue generado a partir del método de superposición cartográfica. Cada uno de los mapas anteriores fueron representados a escala 1:15.000 y contienen información auxiliar (escurrimientos, vías de comunicación, etc.) de la carta topográfica E14B26 (Perote) versión 4, escala 1:50.000. El área mínima cartografiable para este proyecto se apoya en la NOM-023-RECNAT-2001, cuya función es dar las especificaciones técnicas para la cartografía y clasificación en la elaboración de inventarios de suelo (escalas 1:20.000 y mayores). Esta norma se apoya a su vez en los criterios de otros países como Holanda, que define un área mínima cartografiable de 0,25 cm², o EEUU, que lo define de 0,4 cm². La información fue procesada en el software ArcView ver. 3.2 de ESRI (1999).

Considerando los cambios en el uso del suelo ocurrido durante el período de 1995-2005, se estimaron las probabilidades de cambio para las diferentes categorías a través de una matriz de transición, es decir:

$$A = [a_{ij}] = \sum_{j=1}^n a_{ij}$$

donde A es la matriz de transición entre categorías de cambio de uso del suelo, y a_{ij} es la permanencia o cambio de la categoría i por la categoría j en un período de tiempo determinado. Con esta matriz se calcularon las probabilidades de transición mediante la siguiente ecuación:

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{a_i}$$

$$i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n,$$

donde r_{ij} es la probabilidad de transición de la categoría i a la categoría j en un período de tiempo.

2.4.3. Resultados

Para 1995 en el ejido El Conejo dos categorías estaban predominando el paisaje, el cultivo de papa y el bosque de oyamel (*Abies religiosa*), y como una tercera categoría predominante se encontraba el cultivo con bosque (Figuras 2.7 y 2.8).

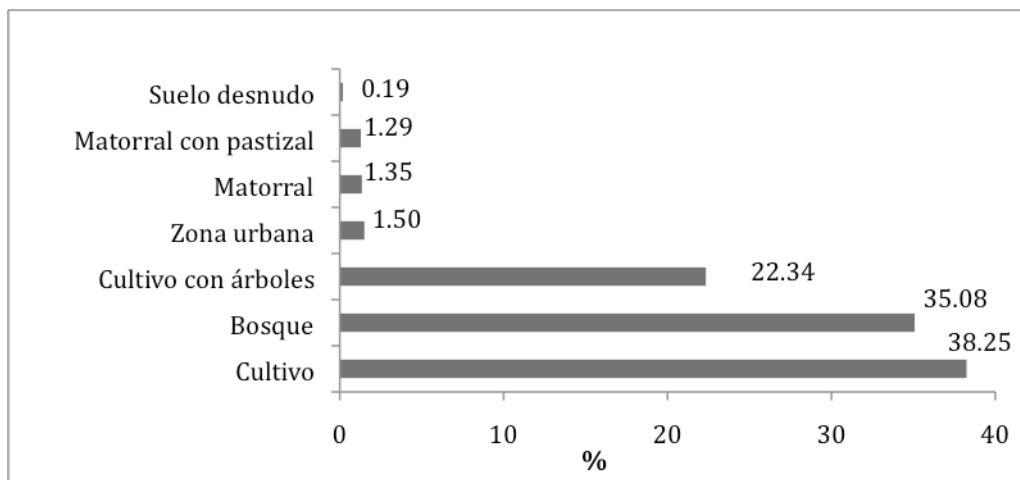


Figura 2.7. Porcentaje de distribución de usos del suelo en el ejido El Conejo en 1995.

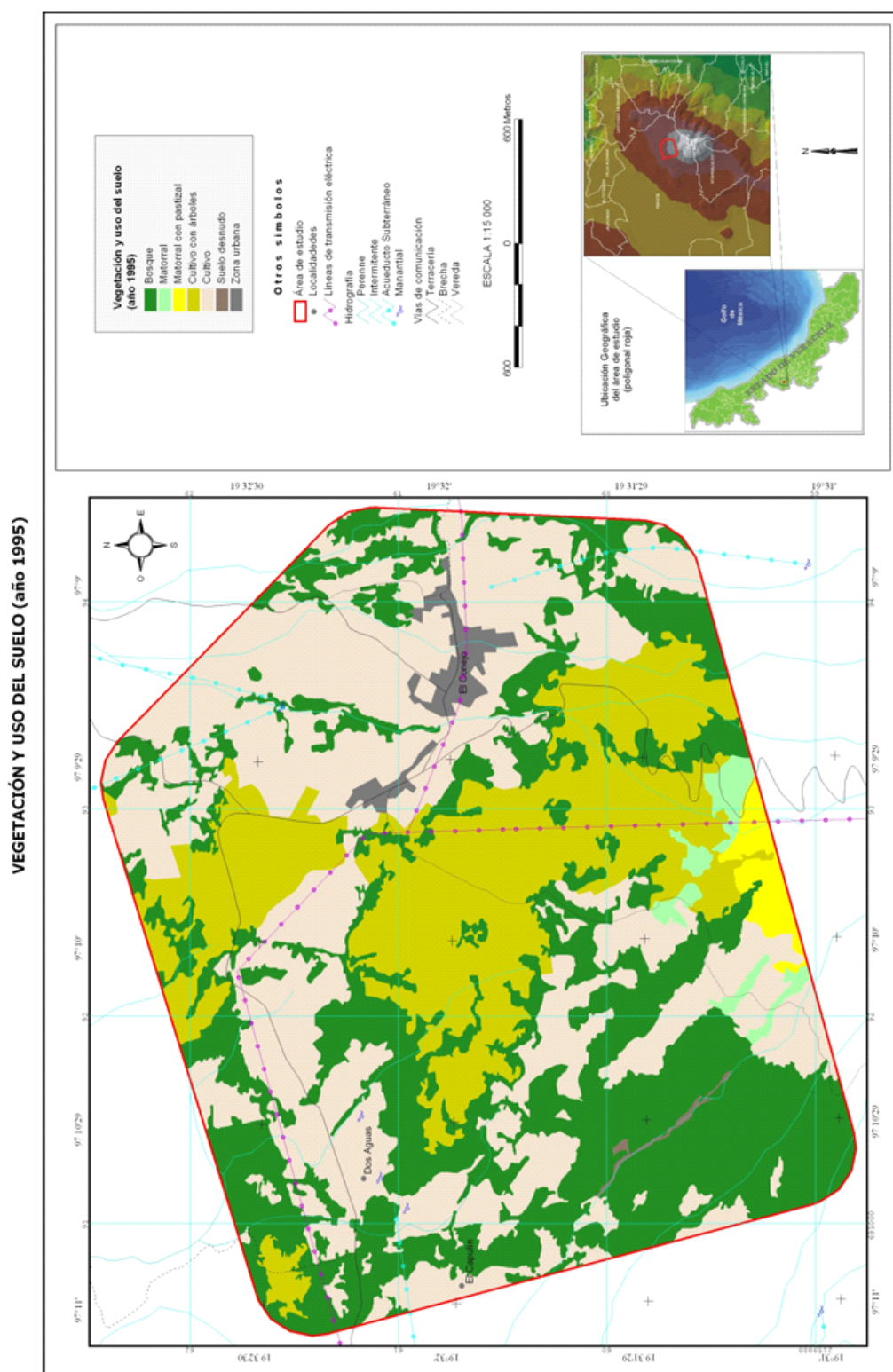


Figura 2.8. Usos del suelo y vegetación en el ejido El Conejo para 1995.

Diez años después se encontró lo siguiente: el suelo desnudo disminuyó en superficie ligeramente; la superficie de matorral con pastizal, que en 1995 abarcaba un 1,29% de la superficie del ejido, desapareció en 2005; el matorral, compuesto principalmente por *Baccharis conferta*, aumentó en superficie (pasó de un 1,35% a un 2,41%); la superficie de cultivo con árboles disminuyó, ya que pasó de un 22,34% a un 21,90%; el bosque aumentó ligeramente, del 35,08% al 35,33%; finalmente, la superficie que en 1995 estuvo destinada al cultivo de papa disminuyó del 38,25% al 36,55% de la superficie del ejido (Figuras 2.9 y 2.10).

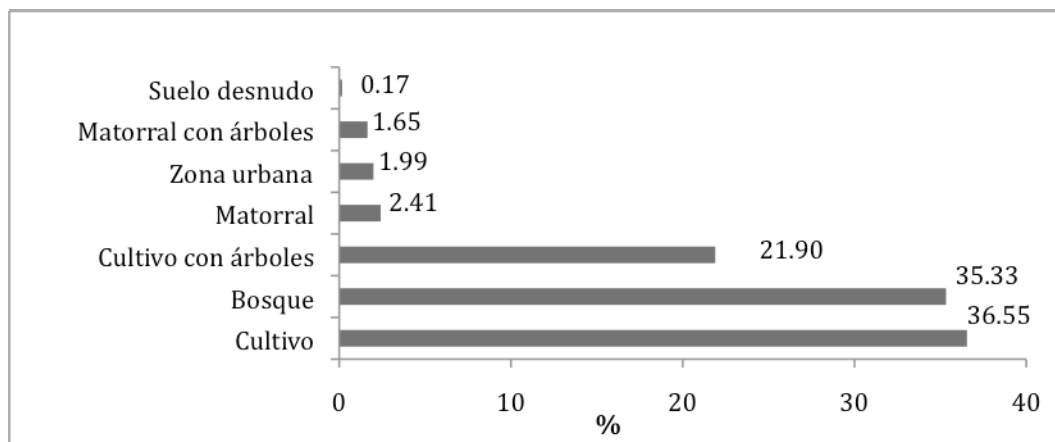


Figura. 2.9. Porcentaje de distribución de usos del suelo en el ejido El Conejo para 2005.

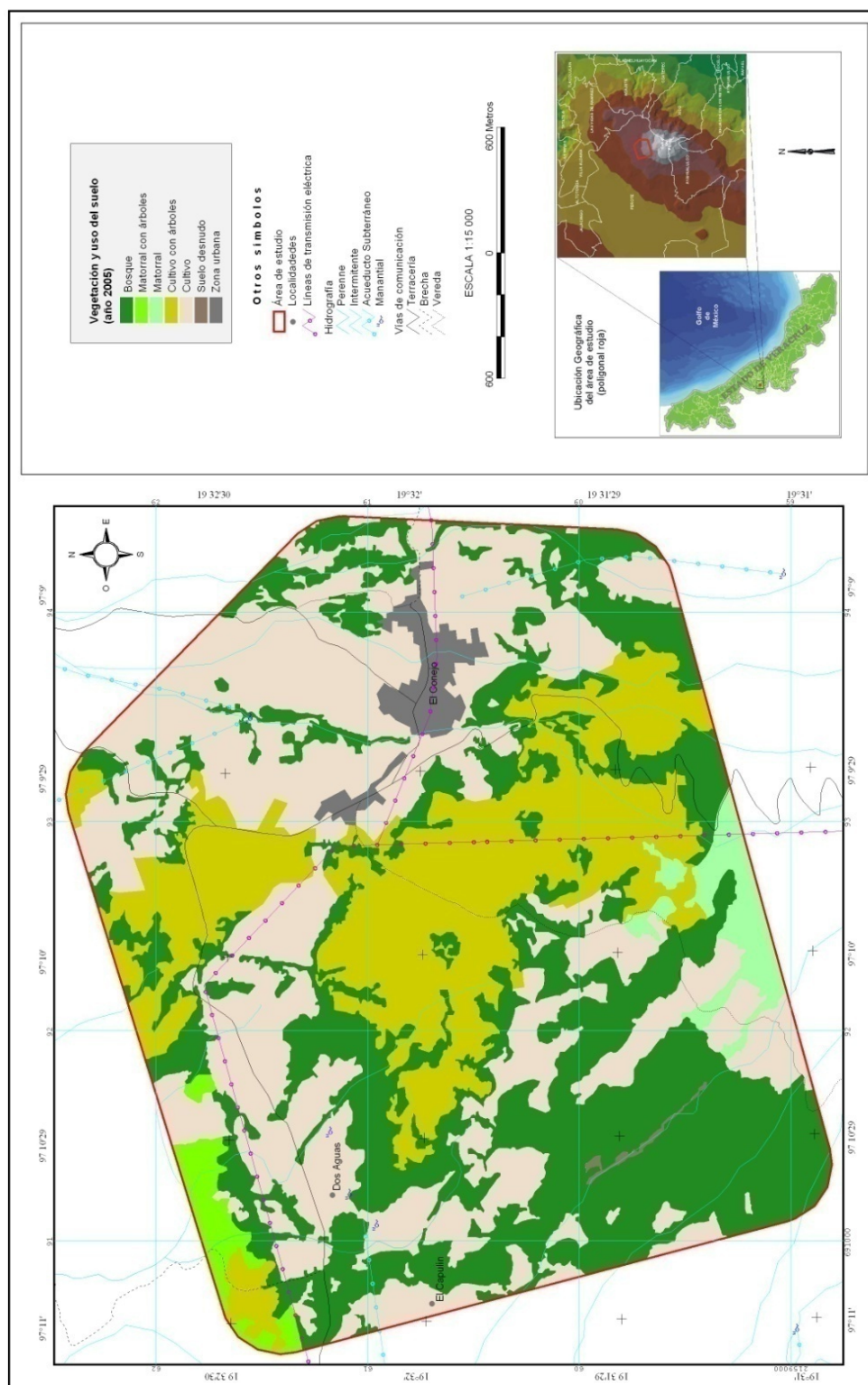


Figura 2.10. Usos del suelo y vegetación para el ejido El Conejo en 2005.

En el ejido El Conejo la actividad agrícola ha constituido, permanentemente desde su creación (1932), una fuente importante de modificación del paisaje, específicamente el cultivo de papa, que poco a poco ha ido ocupando el territorio anteriormente cubierto por el bosque de oyamel (*Abies religiosa*). Actualmente, el bosque en sí está constituido por fragmentos uni-específicos de *Abies religiosa* como especie arbórea, pero se encuentran también áreas cubiertas por matorral dominado por escobo (*Baccharis conferta*). En la Tabla 2.2 se presenta la matriz de cambio de uso del suelo a través del período 1995-2005.

Tabla 2.2. Matriz de cambio de los usos del suelo y de la vegetación en el ejido El Conejo para el período 1995-2005 (ha).

Categorías de usos de suelo y de vegetación		2005						
		Bosque	Matorral	Matorral con árboles	Cultivo con árboles	Cultivo	Suelo desnudo	Zona urbana
1995	Bosque	338.489		16.837	4.409	6.903		
	Matorral	5.804	8.297					
	Matorral con pastizal	1.130	12.289					
	Cultivo con árboles	8.936	2.063		222.680			
	Cultivo	14.690	2.620		2.014	375.431		5.146
	Suelo desnudo						1.367	
	Zona urbana							15.711

En términos de probabilidades de cambio (r_{ij}), el bosque de oyamel tiene pocas probabilidades de pérdida de su superficie, pues fundamentalmente son cambios de bosque a matorral con árboles (con una probabilidad de 5%) y cambio de bosque a cultivo (con un 4%). Se observa que la categoría de uso de suelo que más puede contribuir a aumentar la superficie de bosque es la de matorral en un 41%, considerando como premisa que las condiciones actuales se mantuvieran (Figura 2.11).

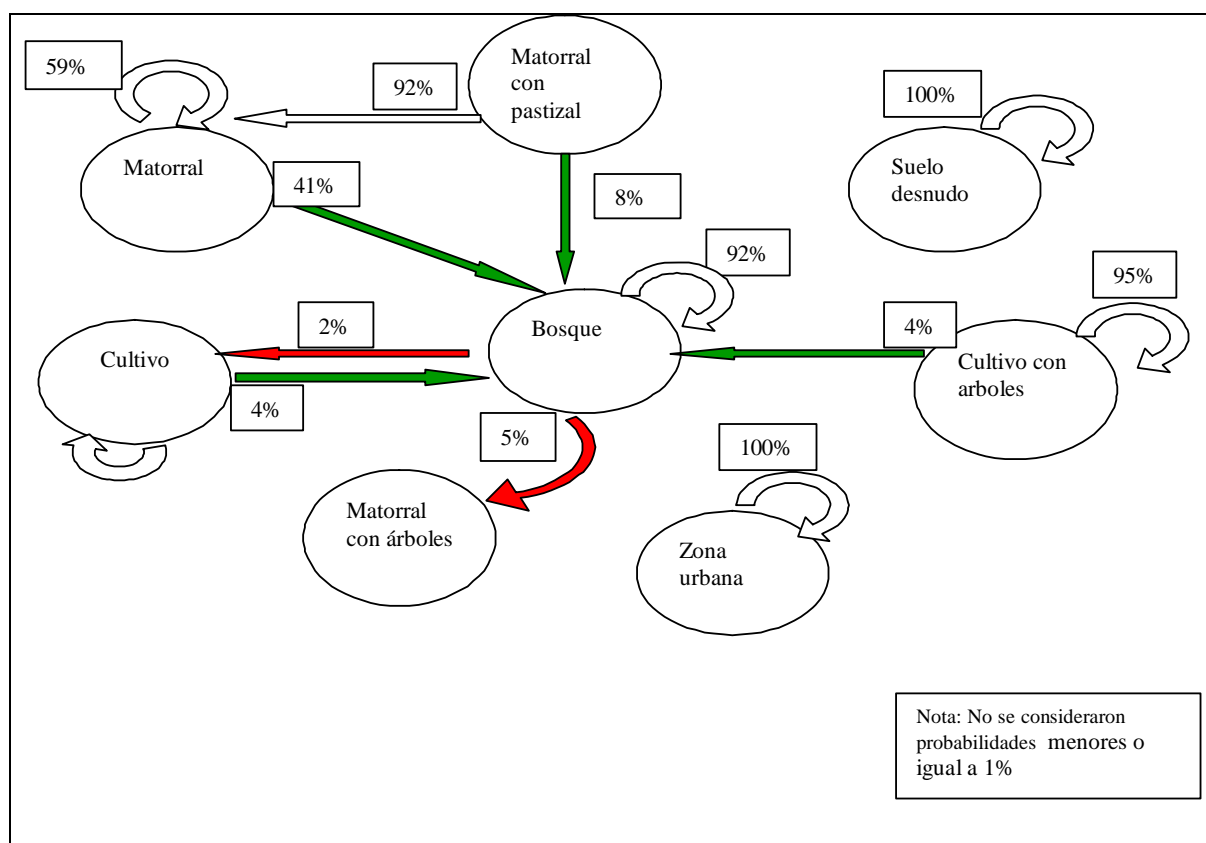


Figura 2.11. Dinámica de probabilidades de cambio en el uso del suelo en el ejido El Conejo.

2.4.4. Discusión

Los bosques de *Abies religiosa* del ejido pertenecen al Parque Nacional Cofre de Perote (PNCP), y constituyen el segundo tipo de vegetación en términos de superficie dentro del Parque (Gobierno del Estado de Veracruz, 2008). En México, los bosques de oyamel se encuentran en áreas continuas y de mayor extensión en la zona ecológica templada subhúmeda dentro de la faja volcánica transmexicana a la que pertenece el PNCP (Sánchez-González, 2005). En ésta existen cinco parques nacionales y la problemática en torno a su conservación es semejante: tala clandestina, pérdida de superficie por agricultura, ganadería, urbanismo, etc.

La superficie del ejido se estima en poco más de 700 ha, en las que después de 10 años el bosque sigue siendo la segunda categoría de uso del suelo, aunque comparada con la superficie de cultivo es casi similar, ya que para 2005 el bosque cubría el 35,33% y la superficie destinada al cultivo era del 36,55%, porcentaje que disminuyó respecto a 1995 (38,25%).

En términos de las probabilidades de cambio en el paisaje del ejido El Conejo, y bajo la premisa de que se mantuvieran las condiciones que operaron

en el período evaluado, la mayor probabilidad de cambio que se puede esperar es, por un lado, que la superficie de bosque se mantenga, y por otra parte que ocurra un cambio de matorral-pastizal a matorral, ambos con un 92% de probabilidad de ocurrencia.

Los resultados obtenidos muestran que la mancha arbórea ha permanecido y, más aun, ha observado un pequeño incremento en su superficie. En este sentido, existe una amplia posibilidad de aumentar la superficie del bosque utilizando áreas específicamente de matorral, en las que se encuentra la mayor probabilidad de cambio hacia el bosque (41%). A partir de esto se podría integrar una estrategia de reforestación considerando este tipo de uso de suelo.

De acuerdo a la experiencia de trabajo adquirida en el ejido El Conejo, se considera que existe un gran potencial para poner en marcha estrategias de conservación e incluso de aumento de superficie de sus bosques. Si se tuviera la oportunidad de que fueran manejados mediante un plan de manejo *ad hoc*, los bosques del ejido podrían convertirse en una masa forestal importante y en un notable almacén de carbono, que aportara a la mitigación del cambio climático y a mejorar la calidad de vida de sus pobladores. Esto último considerando el potencial de almacenamiento que tienen estos bosques comparados con otros del país, como se señala en el Capítulo 2.

Sería de gran utilidad integrar la amplia experiencia que a México se le reconoce en torno al tema de manejo comunitario (Bray y Merino 2003; 2004; Bray et al 2007a; 2007b; Madrid *et al.*, 2009) al esquema de manejo dentro de los parques nacionales de zonas templadas, como es el caso del ejido El Conejo, y concretamente de los bosques de *Abies religiosa* que se incluyen en el mismo.

Sin embargo, es claro que una premisa en torno al manejo comunitario es la organización social, la cual es clave para el mantenimiento o pérdida de coberturas de bosques (Durán-Medina *et al.*, 2007). En el caso concreto del ejido El Conejo, donde existe la posibilidad de fomentar y fortalecer una organización social ya existente, puede representar una ventaja para el mantenimiento y crecimiento del bosque de oyamel.

A través de esta experiencia queda claro la necesidad de hacer una revisión profunda de la legislación forestal en materia de áreas naturales protegidas y comunidades locales, y ofrecer alternativas que garanticen la conservación de los bosques, la mitigación del cambio climático y la calidad de vida de los pobladores de este tipo de territorio en México.

Algunas recomendaciones al respecto son:

1. Enfocar los esfuerzos de la reforestación en áreas de matorrales, por ser los que tienen una alta probabilidad de aumentar la frontera del bosque en primera instancia, y en segundo término en la incorporación de suelo desnudo que tiene el ejido hacia los fragmentos de bosque.
2. Integrar corredores de reforestación que permitan conectar los diferentes fragmentos de bosque.
3. Fortalecer los grupos de trabajo, como el grupo de “Mujeres unidas por la conservación de los bosques”, integrado por 60 mujeres y que desde 2009 participan activamente en actividades de conservación de los bosques, mediante podas de prevención contra incendios.

2.5. Bibliografía

- BOCCO, G., MENDOZA, M., MASERA, O.R. 2001. La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. *Investigaciones Geográficas* 44: 18-38.
- BRAY, D.B., DURÁN-MEDINA, E., MERINO-PÉREZ, L., TORRES, R.J.M., VELÁZQUEZ, M.A. 2007a. Nueva evidencia: los bosques comunitarios de México, protegen el ambiente, disminuyen la pobreza y promueven la paz social. Informe de Investigaciones. UNAM. Centro de Investigación y Docencia Económica, IPN, Universidad Internacional de Florida, Consejo Civil Mexicano para la Agricultura Sostenible. Ofset Santiago, Eds. México 90 pp.
- BRAY, D.B., MERINO-PÉREZ, L. 2003. A case study of El Balcón Ejido, Guerrero. En: Wise, T.A., Salazar, H., Carlsen, L. (Eds.). *Confronting globalization: Economic integration and popular response in Mexico*. 65-80 pg. Kumarian Press, Bloomfield, CT. 288 pp.
- BRAY, D.B., MERINO-PÉREZ, L. 2004. La experiencia de las comunidades forestales en México: Veinticinco años de silvicultura y construcción de empresas forestales comunitarias. Instituto Nacional de Ecología, México, D.F. 270 pp.
- BRAY, D.B., MERINO-PÉREZ, L., BARRY, D. 2007b. Los Bosques comunitarios de México: Manejo sustentable de paisajes forestales. Instituto Nacional de Ecología, México, D.F. 443 pp.

- CCMSS. 2009. Retos y oportunidades del sector forestal ante el cambio climático. Disponible en:
- COLLINGE, S.K. 1996. Ecological consequences of habitat fragmentation: implications for landscape architecture and planning. *Landscape and Urban Planning* 36: 59-77.
- CONANP, s.a. Revisión y evaluación de medio término sobre la ejecución del Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas 2007-2012. 56 pp.
- DURÁN-MEDINA, E., MAS, J.F., VELÁZQUEZ, A. 2007. Cambios en las coberturas de vegetación y usos del suelo en regiones con manejo forestal comunitario y áreas naturales protegidas de México. En: Bray, D.B., Merino Pérez, L., Barry, D. (Eds.). *Los bosques comunitarios de México: Manejo sustentable de paisajes forestales*. SEMARNAT. INE. CCMSS. Instituto de Geografía, UNAM Florida International Institute. 267-299.
- ELLIS, E., PONTIUS, R. 2007. Land-use and land-cover change. En: Cleveland, C.J. (Ed.). *Encyclopedia of Earth*. Washington, D.C.: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment. Disponible en (14 mayo 2009):
- ESRI. 1999. ArcView GIS Ver. 3.2. Environmental Systems Research Institute, Inc.
- GEIST, H.J., LAMBIN, E.F. 2001. What drives tropical deforestation?: a meta-analysis of proximate and underlying causes of deforestation based on subnational case study evidence. LUC (International Project Office) Report Series No. 4. 116 pp.
- GHOSH, P. 2004. Forest fragmentation: a threat to global bio-diversity. *Himalayan Ecology* 12: 17-26.
- GOBIERNO DEL ESTADO DE VERACRUZ, SEDARPA, UNIVERSIDAD VERACRUZANA, CONANP 2008. Programa de conservación y manejo Parque Nacional Cofre de Perote. Inédito. 182 pp.
- GONZÁLEZ, X.P., MAREY, M.F. 2009. Fotointerpretación de los usos del suelo. Universidad de Santiago de Compostela. 25 pp. Disponible en (26 noviembre 2009):
- HANSEN, A.J., SPIES, T.A., SWANSON, F.J., OMÁN, J.L. 1991. Conserving biodiversity in managed forests: Lessons from natural forests. *Bioscience* 41: 382-392.
- HOBBS, R.J. 1993. Effects of landscape fragmentation on ecosystem processes in the Western Australian wheatbelt. *Biological Conservation* 64: 193-201.

- http://www.cartesia.org/data/apuntes/fotointerpretacion/articulo_fotointerpretacion_metacortex.pdf
- http://www.eoearth.org/article/Land-use_and_land-cover_change.
- INEGI (Instituto Nacional de Geografía y Estadística). 1995. Ortofotos digitales 1:20.000 E14B26, E14B27, E14B36 y E14B37.
- INEGI (Instituto Nacional de Geografía y Estadística). 1995a. Ortofotos digitales 1:75.000 E14B26E.
- INEGI (Instituto Nacional de Geografía y Estadística). 2004. Ortofotos digitales 1:20.000 E14B26, E14B27, E14B36 y E14B37.
- INEGI (Instituto Nacional de Geografía y Estadística). 2004a. Ortofotos digitales 1:40.000 E14B26E3 y E14B26E4.
- LAGUNES MARTÍNEZ, F.J., HERNÁNDEZ RIVAS, R.D. 1994. Análisis estructural de dos bosques naturales de *Abies religiosa* y *Pinus moctezumae-Pinus teocote*, en el ejido Rancho Nuevo, Mpio. de Perote, Ver. Tesis de Licenciatura. Facultad de agronomía, Universidad Veracruzana. 84 pp.
- LAMBIN, E.F. 1997. Modeling and monitoring land-cover change processes in tropical regions. *Progress in Physical Geography* 21(3): 375-393.
- LARA-GONZÁLEZ, R., SÁNCHEZ-VELÁSQUEZ, L.R., CORRAL-AGUIRRE, J., 2009. Regeneration of *Abies religiosa* in canopy gaps versus understory, Cofre de Perote National Park, México. *Agrociencia* 43: 739-747.
- LARSON, M.A., CORBERA, E., CRONKLETON, P., VAN DAM, C.H., BRAY, D., ESTRADA, M., MAY, P., MEDINA, G., NAVARRO, G., PACHECO, P. 2010. Rights to forests and carbon under REDD+ initiatives in Latin America. CIFOR Infobrief No. 33. 1-8.
- LEE, H.J., CARR, L., LANKERANI, A. 1995. Human disturbance and natural habitat: a biome level analysis of a global data set. *Biodiversity and Conservation* 4: 128-155.
- MADRID, L., NÚÑEZ, J.M., QUIROZ, G., RODRÍGUEZ, Y. 2009. La propiedad social forestal en México. *Investigación Ambiental. Sección Investigación* 1(2): 179-196.
- MASERA, O.R. 1996. Deforestación y degradación forestal en México, Documentos de Trabajo No. 19, GIRA A. C. Pátzcuaro, México (enero).
- OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico). 2003. Evaluación del Desempeño Ambiental: México. 288 pp.
- SANCHEZ, J., BOCCO, G., FUENTES, J., VELÁZQUEZ, A. 2003. Análisis de cobertura y uso del terreno en el contexto de su dinámica espacio-temporal. En: Velázquez, A., Torres, A., Bocco, A. (Eds.). Las

- enseñanzas de San Juan: Investigación participativa para el manejo de recursos naturales. INE-SEMARNAT. México, D.F. 595 pp.
- SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, A., LÓPEZ-MATA, L., GRANADOS-SÁNCHEZ, D. 2005. Semejanza florística entre los bosques de *Abies religiosa* (H.B.K.) Cham. & Schltdl. de la Faja Volcánica Transmexicana. Boletín del Instituto de geografía. UNAM. No.56: 62-76.
- SÁNCHEZ-VELÁSQUEZ, L.R., PINEDA-LÓPEZ, M.R., HERNÁNDEZ MARTÍNEZ, A. 1991. Distribución y estructura de la población de *Abies religiosa* (H.B.K) Sch., Cham. en el Cofre de Perote, Edo. de Veracruz, México. Acta Botánica Mexicana 16: 45-55.
- SÁNCHEZ-VELÁSQUEZ, L.R., DOMÍNGUEZ-HERNÁNDEZ, D., PINEDA-LÓPEZ, M.R., LARA-GONZÁLEZ, R. 2011. Does *Baccharis conferta* shrub act as a nurse plant to the *Abies religiosa* seedling? The Open Forest Science Journal 4: 67-70.
- SEDARPA, CONAFOR. 2006. Plan Sectorial Forestal de Veracruz. Actualización 2006-2028. 128 pp.
- SOSA, H. 1937. El Parque Nacional "Nahuancantepetl" o Cofre de Perote. Bol. Departamento forestal de caza y pesca 2: 202-267.
- TABARELLI, M., CARDOSO DA SILVA, J.M., GASCON, C. 2004. Forest fragmentation, synergisms and the impoverishment of neotropical forests. Biodiversity and Conservation 13: 1419-1425.
- VELÁZQUEZ, A., BOCCO, G., TORRES, A. 2001. Turning scientific approaches into practical conservation actions: The case of Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, México. Environmental Management 5: 216-231.
- www.ccmss.org.mx/modulos/biblioteca_consultar.php?folio=253

CAPÍTULO 3. DINÁMICA DEL CARBONO EN UN BOSQUE DE *Abies religiosa* EN EL EJIDO EL CONEJO

3.1. Resumen

El carbono (C) determina la productividad de los seres vivos y su transformación es un indicador de la energía disponible. En el Parque Nacional Cofre de Perote (Veracruz, México) se determinó la dinámica de carbono en los reservorios de biomasa aérea, residuos de podas de prevención de incendios y en el suelo del bosque de oyamel (*Abies religiosa*) mediante metodologías diferentes para cada reservorio. La estimación en el contenido de carbono de la biomasa aérea (171,97 ton/ha) fue superior a los montos obtenidos en otros bosques del país para la misma especie. Para los residuos de poda de prevención de incendios, el contenido de carbono fue de 1,28 ton/ha. La dinámica del suelo se determinó a lo largo de la franja altitudinal del bosque de acuerdo a la concentración de C que fue transformado (tasa de mineralización neta potencial de suelo y de mantillo) y al nitrógeno (N) y fósforo (P) disponibles durante la época seca y lluviosa. La dinámica de C en el suelo fue correlacionada con la densidad vegetal. Se predice una variación estacional y una correlación de los nutrimentos y la transformación de C en el suelo respecto a la altitud y a la densidad de la cobertura vegetal. A mayor densidad de árboles el C y N en el suelo disminuyen, posiblemente debido a que el flujo de transformación de C es alto (mantillo en la época húmeda = 180 $\mu\text{g/g}$ suelo; y en la época seca = 83 $\mu\text{g/g}$ suelo). A mayor densidad de árboles el flujo de C en mantillo aumenta, principalmente en la época húmeda. La dinámica del C en el bosque parece tener una fuerte influencia de la vegetación, específicamente de la especie dominante, debido probablemente a los mecanismos de producción de materia orgánica asimilable correspondiente a cada especie. La altitud parece influir en nutrientes como N y P (disminuyendo con la altitud), aunque sin embargo su influencia no es clara para el ciclo de C. La mineralización de C en el suelo presentó un efecto de borde restringida a la franja de *Abies religiosa*, donde en los límites inferior y superior la tasa disminuye considerablemente principalmente en la época húmeda. La dinámica de C en el suelo está relacionada a la temporalidad (época húmeda vs época seca) en cuanto a los flujos de transformación en el suelo y en el mantillo, siendo en la estación seca cuando se presentan los valores más altos para el suelo y en la húmeda para el mantillo, debido probablemente a la acumulación de materia orgánica en la época seca en el caso del suelo y la presencia de

agua en el caso del mantillo. Las formas disponibles de N y P también varían con la estacionalidad, siendo mayor durante la época húmeda, debido probablemente a la presencia de agua en el suelo y actividad fisiológica de adquisición del arbolado. En cuanto a la distribución altitudinal del bosque de *Abies religiosa* en la ladera oriental, en su límite inferior (2.850 msnm) comparte hábitat con *Pinus montezumae* y en su límite de mayor altitud (3.750 msnm) con *Pinus hartwegii*. Es posible que el establecimiento de *P. montezumae* en el límite altitudinal inferior pueda desplazar a *A. religiosa* en presencia de perturbaciones, mientras que *A. religiosa* puede desplazar a *P. hartwegii* en el límite altitudinal superior. Lo anterior se sustenta con base en los requerimientos de cada especie y las proyecciones de aumento de temperatura por efectos del cambio climático planteadas en la literatura.

3.2. Introducción

Los bosques, dependiendo del tipo de manejo al que están sujetos, pueden comportarse como almacenes o como emisores de carbono (C). En México, los datos sobre flujos de carbono relacionados a la dinámica del uso del suelo y emisiones de carbono son necesarios para determinar su papel en términos del balance general de emisiones de gases de invernadero (De Jong, 2001). En este sentido, la conservación de bosques templados, específicamente los de coníferas, constituye una opción para la mitigación del calentamiento global. Dentro de este grupo se encuentra el género *Abies* (Rzedowsky, 1981; Sánchez-Velásquez *et al.*, 1991), del cual para México se considera existen ocho especies, seis de ellas endémicas (Eguiarte, 1994).

Los bosques de *Abies* en México no cubren grandes superficies de terreno, debido principalmente a las particulares condiciones ecológicas en que se desarrollan (de los 2.600 a los 3.800 msnm, terrenos con fuertes pendientes y climas fríos). La mayor parte de estos bosques están distribuidos dentro de Parques Nacionales (Rzedowski, 1981) en forma de parches aislados y muchas veces restringidos a un cerro, a una ladera o a una cañada. Dos de las principales áreas ocupadas por estas especies son el Cofre de Perote y el Pico de Orizaba, aunque sus superficies han sido reducidas por la deforestación asociada a la expansión de la frontera agrícola (Sánchez-Velásquez *et al.*, 1991).

Los datos de biomasa en bosques han sido utilizados para diversos propósitos, desde estimar parámetros como materia orgánica hasta para

cuantificar nutrimentos y energía, entre otros, y cada vez más se utilizan como una variable importante en la estimación del contenido de carbono de masas arbóreas (Lim, 1988; Brown, 1997; Ordoñez *et al.*, 2001; Acosta-Mireles *et al.*, 2002; Jaramillo *et al.*, 2003). Uno de los almacenes principales de biomasa, y por lo tanto de carbono, es la parte aérea del estrato arbóreo. De acuerdo a Acosta-Mireles *et al.* (2002), la capacidad de los ecosistemas forestales para almacenar carbono en forma de biomasa aérea varía en función de la composición florística, la edad y la densidad de la población de cada estrato por comunidad vegetal.

Una estimación del contenido de carbono en un bosque requiere que inicialmente se calcule el peso seco de la biomasa. La estimación adecuada de la biomasa de un bosque es un elemento de gran importancia debido a que permite determinar los montos de carbono (y otros elementos químicos existentes en cada uno de sus componentes) y además representa la cantidad potencial de carbono que puede ser liberado a la atmósfera o almacenado en una superficie cuando los bosques son manejados para alcanzar los compromisos de mitigación de gases de efecto invernadero (Brown *et al.*, 1993). La estimación de dicha variable puede obtenerse por procedimientos destructivos, como el corte total del árbol y el cálculo del peso seco (Avendaño *et al.*, 2009) mediante el uso de ecuaciones alométricas (Brown, 1997), o a partir de información sobre el volumen (Brown *et al.*, 1989) como se hace en este estudio en el que se está considerando el parámetro de densidad de madera para la especie estudiada (Rojas-García y Villers-Ruiz, 2008), *Abies religiosa*.

El suelo es un reservorio importante de C debido a la materia orgánica que contienen y a los procesos de transformación (mineralización de C; transformación de C orgánico a C inorgánico que se libera en forma de CO₂) que se llevan a cabo mediante los organismos descomponedores de la materia orgánica (Schlesinger, 1997; García-Oliva *et al.*, 2006, Sheikh *et al.*, 2009). Sin embargo, el equilibrio entre la tasa de descomposición y el suministro de materia orgánica se ve alterado cuando los bosques son talados o el uso del suelo cambia (Buringh, 1984; Dey, 2005).

Se estima que el actual almacén mundial de carbono orgánico del suelo (COS) es de 1.500 Pg¹³ (Batjes, 1996; Lal, 2002; 2004). De acuerdo a Segura-Castruita *et al.* (2005), los suelos de México contienen 10,5 Pg de CO (carbono orgánico) en la capa superficial (0-20 cm de profundidad), y en particular el

¹³ Pg = Petagramo = 10¹⁵ g = 10⁹ toneladas métricas

estado de Veracruz contribuye con el 5,39%. Sin embargo, las actividades de cambio en el uso del suelo ocasionaron durante el período de 1990-2006 emisiones de entre 69.674 y 86.188 Gg¹⁴ de CO₂ a partir de los cambios de tierras forestales a usos agrícolas y/o praderas (INE, 2009).

El balance de carbono (C) considera el conjunto de concentraciones y flujos de transformación entre la vegetación, el suelo y la atmósfera, principalmente. A partir de los trabajos del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (PICC), se hace patente la necesidad inmediata de conocer el balance de C en la mayor cantidad posible de regiones en el planeta para tener mejores estimaciones del cambio en el ciclo global del C.

La respiración del suelo (mineralización del C) es uno de los flujos de transformación del C y uno de los procesos de funcionamiento más significativos del ecosistema, debido a que está ligado directamente con su productividad (Shlesinger, 1997; Chapin III *et al.*, 2002). La respiración neta del suelo (mineralización neta de C) es el flujo de C orgánico transformado a CO₂ hacia la atmósfera, y está determinado por la respiración de macro y microorganismos del suelo (Paul y Clark, 1996). La respiración del suelo es uno de los flujos más grandes de transformación de C dentro del ciclo global del C (68-100 Pg/año de C), superado sólo por la productividad primaria gruesa (*Gross Primary Productivity*, GPP) estimada en un rango de 100 a 120 Pg/año de C (Houghton y Woodwell, 1989; Musselman y Fox, 1991; Raich y Schlesinger, 1992; Rustad *et al.*, 2000). Los cambios en la respiración del suelo debidos a cambios del uso del suelo y quema de combustibles fósiles, entre otros, por pequeños que sean, tienen consecuencias en la liberación de CO₂ a la atmósfera, ya sea en la mitigación o en la amplificación de los procesos sinérgicos del cambio climático global (Rustad *et al.*, 2000). A pesar de su importancia a nivel global, la estimación de la respiración del suelo en algunas regiones del planeta es poco conocida (por ejemplo, en la franja tropical del planeta), así como los factores que controlan este proceso a nivel de asociación vegetal.

Una mayor respiración del suelo implica, por tanto, una mayor contribución de CO₂ a la atmósfera. Se predice un balance de carbono mayor en el suelo que en la vegetación, como se ha observado para bosques templados de coníferas y los balances globales. Además, se predice una correlación sinérgica positiva entre la disponibilidad de N en el suelo respecto a la transformación de C y la productividad de las raíces. Una estrecha relación

¹⁴ Gg = Gigagramos = 10⁹ gramos

de la disponibilidad del N respecto a la respiración del C puede implicar un aumento del crecimiento vegetal y de la productividad, en general, de la asociación vegetal, debido a un controlador en el suelo de acoplamiento sinérgico C-N.

A continuación se describen tres trabajos relacionados con los almacenes de carbono en biomasa aérea, en ramas producto de podas de prevención de incendios y, finalmente, el balance de carbono en suelos.

Las preguntas que se pretenden contestar en los próximos apartados son:

- 1) ¿Cual es el almacén de carbono presente en la biomasa aérea del bosque de *Abies religiosa* en el ejido El Conejo, dentro del Parque Nacional Cofre de Perote, en Veracruz (México)?
- 2) ¿Cuál es el almacén de carbono en los residuos de podas de prevención de incendios que desarrollan las mujeres de el “Comité de mujeres unidas para la conservación de los bosques” de el ejido El Conejo?
- 3) ¿Cuál es el balance de carbono y la tasa de respiración estacional del suelo y del mantillo para dos estaciones (seca y lluvias) en un bosque de *A. religiosa*?
- 4) Explorar la relación entre los nutrimentos en el suelo y la tasa de respiración del suelo y el mantillo respecto al gradiente altitudinal y densidad del arbolado.

3.3. Almacenes de carbono en biomasa aérea de arbolado en pie

3.3.1. Objetivo

Determinar el almacén de carbono presente en la biomasa aérea del arbolado en los fragmentos de bosque de *Abies religiosa* en el ejido El Conejo.

3.3.2. Materiales y métodos

Para determinar la estructura de la población de *Abies religiosa* se utilizó una matriz cuadriculada de 1x1 cm sobre la ortofoto E14B26E (escala 1:10.000) del polígono del ejido El Conejo (ver apartados 1.2.9.1 y 1.2.9.1.1). Sobre ella se ubicaron aleatoriamente, y solo en los 13 fragmentos de *A. religiosa* (que representan el total de la superficie cubierta por esta especie), 17

cuadrantes de 50x12,5 m (625 m²), que fueron georeferenciados utilizando un GPS y que en total cubrieron una superficie de 10.625 m² (Figura 3.1). Cada cuadrante se dividió en subcuadrantes de 10x12,5 m² (125 m²) para facilitar el muestreo y poder usarlas como parcelas permanentes.

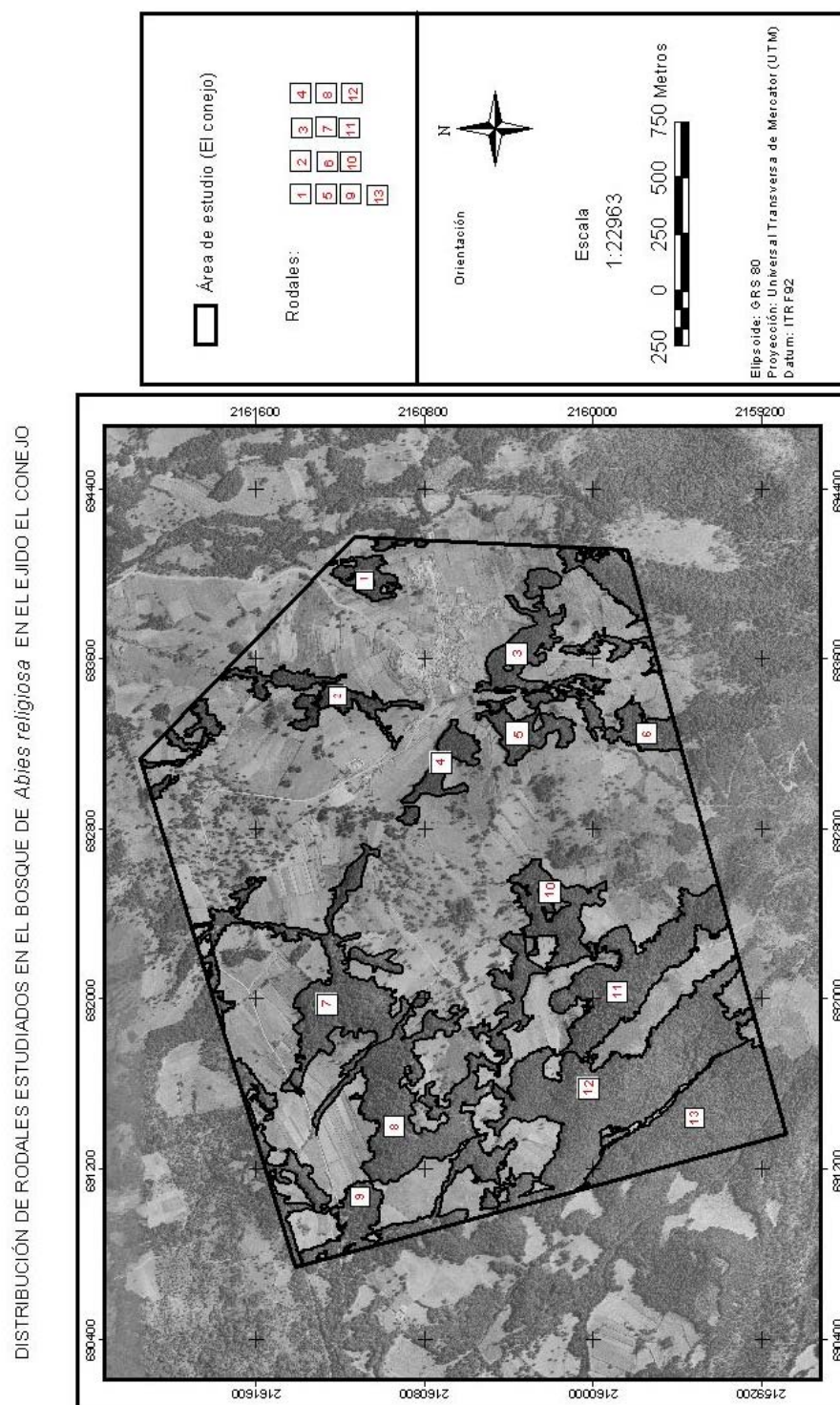


Figura 3.1. Poligonal del ejido El Conejo y rodales estudiados de *Abies religiosa*.

En cada cuadrante se registró la altitud, la exposición, las condiciones del suelo, así como evidencias de disturbios como fuego, plagas y otros. Dentro de cada cuadrante se registraron y cartografiaron todos los individuos de especies arbóreas presentes. A cada individuo se le midió el diámetro normal o a la altura del pecho, y la altura total. Se consideraron dos clases de regeneración de especies arbóreas: una primera con los individuos con altura de <30 cm y una segunda con aquellos de una altura entre 30 cm y 1,3 m.

Con la información obtenida sobre la estructura de tamaños (alturas y diámetro) para los rodales (fragmentos) se estimó el contenido de carbono utilizando el método propuesto por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, 1994), tal y como se describe en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Procedimiento para estimar el contenido de carbono de acuerdo al IPCC (1994), modificado con datos específicos para *Abies religiosa*.

Columna	Procedimiento
1	Número de rodal
2	Dominancia del rodal
3	Volúmenes reales por hectárea
4	Superficie (en ha) por rodal
5	Factor de densidad. Para <i>Abies religiosa</i> se usó como valor de densidad 0,3874 g/cm ³ (Rojas-García y Villers-Ruiz, 2008). Para coníferas se recomienda 0,48 y para latifoliadas 0,60 (toneladas de materia seca/m ³)
6	Factor de contenido de carbono 0,4648 (toneladas de carbono /toneladas de materia seca para <i>Abies religiosa</i>)
7	Cálculo de biomasa: (col. 3)·(col. 5)·(col. 6)
8	Bs. Factor de expansión: 1,3 (toneladas de carbono/hectárea)
9	Toneladas de carbono/ ha: (col. 7)·(col. 8)
10	Toneladas de carbono/ rodal: (col. 9)·(col. 4)

El volumen fue estimado a partir de las siguientes ecuaciones:

$$v = d^2 \cdot \left(\frac{\pi}{4} \right) \cdot h \cdot f$$

donde:

v = volumen (m³)

d = diámetro a la altura del pecho (m)

$\pi/4 = 0,7854$

h = altura del árbol (m)

f = coeficiente mórfico = 0,7 (este factor se utiliza para corregir la estimación del volumen en géneros que tienen formas irregulares).

Posteriormente, la biomasa fue estimada con la siguiente ecuación:

$$B = v \cdot Db \cdot FE$$

donde:

B = biomasa (ton)

v = volumen (m^3)

Db = densidad básica de la madera (Ton/m^3) = 0,3874

FE = factor de expansión de fustes (1,3)

Como valor de la densidad básica de la madera se tomó un valor de 0,3874 g/cm^3 , según lo propuesto por Rojas-García y Villers-Ruiz (2008). Como factor de expansión de fustes se utilizó un valor de 1,3 (IPCC, 1994; Rojas-García y Villers-Ruiz, 2008).

El cálculo del contenido de carbono se realizó mediante el método propuesto por el IPCC (1994), que consiste en aplicar la siguiente ecuación:

$$CC = B \cdot FE \cdot 0,4648$$

donde:

CC = contenido de carbono (ton/ha)

B = biomasa (ton)

FE = factor de expansión de fustes (1,3)

0,4648 = proporción de carbono en la biomasa seca (Avendaño *et al.*, 2009)

Finalmente, se obtuvo el contenido de carbono de cada cuadrante multiplicando el valor por la superficie total del fragmento, dando como resultado una estimación de las toneladas de carbono contenidas durante el año de muestreo.

3.3.3. Resultados

La distribución de los contenidos de carbono por rodal responde, en principio, a la densidad del arbolado y al tamaño de los rodales. En la Tabla 3.2 se muestra un resumen de los datos medidos durante 2008 en los diferentes

rodas de *Abies religiosa*. Se encontró que la densidad del arbolado es similar entre la mayoría de los rodas, exceptuando dos de ellos (rodas 11 y 12) con unos valores de densidad muy por arriba del promedio (6.496 y 4.752 respectivamente). En el caso del 11, se trata de un rodal muy denso, evidentemente suprimido (o dominado), ya que sus valores de altura, diámetro, volumen y cobertura así lo reflejan. En cuanto a la altura, se encuentran rodas con arbolado intermedio, y solo los rodas 3 y 13 sobrepasan los 20 m.

Tabla 3.2. Resumen de los datos de los rodas de *Abies religiosa* muestreados en el ejido El Conejo en 2008.

Rodal	Superficie (ha)	Densidad (ind/ha)	Altura promedio (m)	Diámetro normal promedio (m)	Cobertura (m ²)	Volumen (m ³ /ha)
1	3,72	1.136	12,02 ± 11,78	0,18 ± 0,18	12,58 ± 14,76	243,23
2	7,88	1.232	18,37 ± 9,50	0,19 ± 0,12	12,75 ± 12,05	449,17
3	9,33	1.008	20,55 ± 10,19	0,24 ± 0,20	18,54 ± 23,26	655,97
4	4,81	1.184	10,50 ± 9,47	0,14 ± 0,16	12,02 ± 18,02	133,96
5	6,89	1.328	14,83 ± 10,19	0,19 ± 0,16	5,88 ± 6,48	390,87
6	7,28	960	14,62 ± 5,26	0,21 ± 0,11	7,37 ± 5,30	340,29
7	19,69	1.392	11,83 ± 7,08	0,14 ± 0,14	9,46 ± 11,85	177,45
8	26,71	1.296	10,97 ± 9,19	0,12 ± 0,11	8,44 ± 9,08	112,55
9	17,46	960	18,39 ± 10,03	0,23 ± 0,14	14,72 ± 14,76	513,45
10	16,75	992	15,65 ± 10,77	0,20 ± 0,20	18,31 ± 21,53	341,40
11	22,84	6.496	8,24 ± 9,46	0,09 ± 0,13	5,47 ± 9,34	238,37
12	47,47	4.752	18,13 ± 8,85	0,19 ± 0,14	12,03 ± 10,27	1.709,90
13	28,36	1.744	20,05 ± 10,91	0,26 ± 0,19	21,40 ± 17,52	1.299,56

En la Tabla 3.3 se muestra la estimación de la biomasa y del contenido de carbono en los rodas muestreados. Los rodas con menor contenido de carbono fueron el 8, el 4 y el 7, con 26,35, 31,36 y 41,54 ton/ha de C respectivamente; mientras que los de mayor contenido están ubicados al suroeste del ejido y en las partes más altas de la montaña (12 y 13) con 400,26 y 304,20 ton/ha de C respectivamente. Cabe señalar que los rodas 4 y 7 se encuentran rodeando al ejido, mientras que los rodas 12 y 13 se encuentran en el extremo noroeste de la poligonal del ejido. En la Figura 3.2 se muestra cómo se encuentra distribuido el contenido de carbono a nivel de paisaje en el arbolado de *Abies religiosa*.

Como se indica en la Tabla 3.3, se encontró que para el total de la superficie de bosque (219,19 ha), el contenido de carbono es de 37.694,72 ton (171,97 ton/ha), que en términos de CO₂ representan 138.339,62 ton (este valor se obtiene al multiplicar la cantidad de toneladas de carbono por hectarea por 3,67 de acuerdo a Ryan *et al.*, 2010). Esto significa que por cada hectárea de bosque que se pierda en este ejido serán emitidas 631,14 ton de CO₂. Estos valores están subestimados, ya que solo corresponden a la biomasa aérea del arbolado (tronco y ramas) y no se está considerando, por ejemplo, la emisión que pudiera representar la pérdida de carbono en suelo, la oxidación de materia orgánica, o el uso de madera para los fogones de leña ampliamente utilizados en el ejido.

Tabla 3.3. Estimación de la biomasa y del contenido de carbono de los rodales de *Abies religiosa* muestreados en el ejido El Conejo en 2008.

Rodal	Superficie (ha)	Densidad (Ind/ha)	Volumen (m ³ /ha)	Biomasa (ton/ha)	Contenido de "C" (ton/ha)	Contenido de "C" total (ton)
1	3,72	1.136	243,23	122,49	56,93	211,80
2	7,88	1.232	449,17	226,21	105,14	828,53
3	9,33	1.008	655,97	330,40	153,55	1.432,63
4	4,81	1.184	133,96	67,47	31,36	150,83
5	6,89	1.328	390,87	196,85	91,50	630,41
6	7,28	960	340,29	171,37	79,65	579,89
7	19,69	1.392	177,45	89,36	41,54	817,87
8	26,71	1.296	112,55	56,68	26,35	703,73
9	17,46	960	513,45	258,58	120,19	2.098,51
10	16,75	992	341,40	171,94	79,92	1.338,62
11	22,84	6.496	238,37	120,05	55,80	1.274,42
12	47,47	4.752	1.709,90	861,13	400,26	19.000,22
13	28,36	1.744	1.299,56	654,48	304,20	8.627,24
Total:						37.694,72

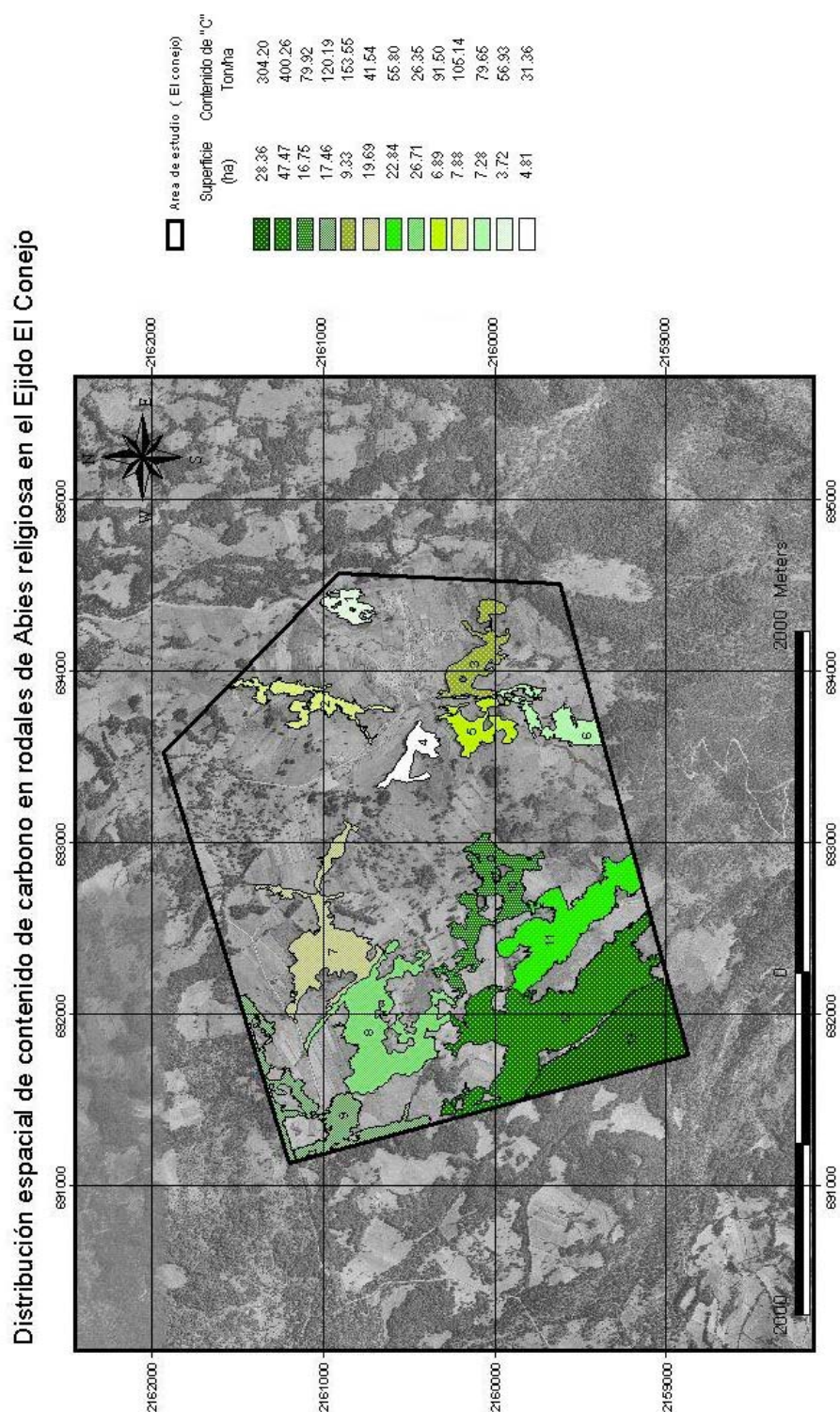


Figura 3.2. Distribución espacial del contenido de carbono (ton/ha) en el bosque de *Abies religiosa* del ejido El Conejo.

La variable que mejor se correlaciona con la cantidad de carbono almacenado por hectárea es la cobertura promedio ($R^2=0,96$; $F=73,12$; $p=0,0034$), con la ecuación:

$$Carb = 9,47351 + 17,12941 \cdot Cobm$$

donde *Carb* es la cantidad de carbono almacenado y *Cobm* es la cobertura promedio.

Las variables (en pares) que mejor se correlacionan con la cantidad de carbono almacenado por hectárea son la altitud y la cobertura promedio ($R^2=0,988$; $F=81,07$; $p=0,012$), así como el diámetro normal promedio y la cobertura promedio ($R^2=0,99$; $F=102,22$; $p=0,0097$), resultando las siguientes ecuaciones respectivamente:

$$Carb = 268,1582 - 0,07675 \cdot Alt + 15,03922 \cdot Cobm$$

$$Carb = -122,54277 + 10,77704 \cdot DNm + 12,40248 \cdot Cobm$$

donde *Carb* es la cantidad de carbono almacenado por hectárea, *Alt* es la altitud, *DNm* es el diámetro normal promedio y *Cobm* es la cobertura promedio.

La única ecuación de tres variables que significativamente explica la cantidad de carbono almacenado por hectárea ($R^2=1$; $F=8863$; $p=0,0078$) incluye a la altura promedio, el diámetro normal promedio y la cobertura, y su expresión es:

$$Carb = -116,91344 + 6,06315 \cdot Him + 8,53955 \cdot DNm + 9,25439 \cdot Cobm$$

donde *Carb* es la cantidad de carbono almacenado, *Him* es la altura promedio, *DNm* es el diámetro normal promedio y *Cobm* es la cobertura promedio.

3.3.4. Discusión

La pérdida de superficie en México, si bien ha sido muy importante para los bosques tropicales, no ha sido menos importante para los bosques templados (Ochoa y González, 2000; Trejo y Dirzo, 2000). El grado de fragmentación de estos bosques, como una consecuencia directa del cambio en el uso de suelo, ocurre en varias especies arbóreas alrededor del mundo, como por ejemplo *Pinus silvestris* en Escocia (Matti *et al.*, 2010), *Picea asperata* en China (Zhong-Sheng *et al.*, 2010) o *Astrocedrus chilensis* en la Patagonia (Carabelli *et al.*, 2006).

La larga historia de explotación de los bosques de la región del Cofre de Perote (Sosa, 1937; Gerez, 1982, 1983; Jardel, 1986; Gobierno del Estado de Veracruz *et al.*, 2008) ha creado paisajes como el del ejido estudiado: bosque fragmentado, con arbolado residual altamente denso y suprimido (hasta 6.496 individuos por ha), rodeado por áreas de cultivo con árboles aislados, zona urbana, matorral y suelo desnudo como unidades de paisaje presentes.

La estructura que hoy se encuentra en el bosque de *Abies religiosa* del ejido El Conejo se caracteriza por una alta densidad de arbolado joven. Además, puede ser un importante potencial para la repoblación del bosque (Lara-González *et al.*, 2009) y convertirse en un valioso instrumento de reconexión entre sus fragmentos.

La cuantificación de biomasa en bosques se ha utilizado como una variable importante en la estimación del contenido de carbono de masas arbóreas (Lim, 1988; Brown *et al.*, 1989; Brown, 1997; Ordoñez *et al.*, 2001; Jaramillo *et al.*, 2003; Acosta-Mireles *et al.*, 2007; Avendaño *et al.*, 2009). Utilizando esta variable, se encontró que el contenido de carbono en los bosques de *Abies religiosa* del ejido (171,97 ton/ha) es muy superior a los montos estimados de carbono en bosques de la misma especie en otras zonas del país que utilizaron el mismo método de medición de contenido de carbono en biomasa aérea (IPCC, 1994). Así, en los bosques de *Abies religiosa* en Michoacán se estimaron 57 ton/ha (Fragoso, 2003) y 28,5 ton/ha (Zamora, 2007); en el estado de México 57 ton/ha (García y Sánchez, 2009) y en la zona centro de México se estimaron 58 ton/ha (Almeida-Leñero *et al.*, 2007), aunque en este último no se usó el mismo método.

Bellon *et al.* (1993) estimaron que en un período de 100 años los valores potenciales de captura de carbono en México podrían estar entre 40 a 130 ton/ha anualmente, considerando como una alternativa mantener una superficie potencial de 6 millones de hectáreas bajo un esquema de conservación de Áreas Naturales Protegidas (ANP). Sin embargo, se sabe que las poblaciones de especies arbóreas altamente reducidas o fragmentadas son especialmente vulnerables en entornos cambiantes (McKay *et al.*, 2005), y los bosques de *Abies religiosa* del ejido estudiado poseen dicha característica.

Por otro lado, de acuerdo a las proyecciones estimadas para México desde la perspectiva del cambio climático, se espera una reducción drástica en la distribución actual de coníferas (Trejo *et al.*, 2011) y un cambio o disminución en la distribución de los hábitats de varias especies de plantas endémicas y/o en peligro de extinción (Gómez-Mendoza y Arriaga, 2007).

Frente a este escenario, por su condición de fragmentación y por estar en un límite altitudinal crítico a nivel de pico de montaña, *Abies religiosa* es una especie vulnerable bajo los escenarios de cambio climático. Por todo lo anterior, se recomienda que dentro del Plan de Manejo del Parque Nacional Cofre de Perote, que actualmente se encuentra en revisión, se considere lo siguiente:

- a) Crear corredores de conectividad entre fragmentos del bosque reforestando con plántulas que pueden ser extraídas del bosque natural.
- b) Enfocar los esfuerzos de la reforestación en áreas de matorrales, que tienen una alta probabilidad de aumentar la frontera del bosque en primera instancia.
- c) Determinar la distribución potencial de la especie frente a escenarios climáticos proyectados a futuro.

Es evidente la necesidad de hacer una revisión profunda de la legislación forestal en materia de los Parques Nacionales para México. No solo se debe reconocer la presencia de asentamientos humanos en este tipo de territorios, sino que es necesario ofrecer alternativas que garanticen la conservación de los bosques y la mitigación del cambio climático, así como la posibilidad de permitir un manejo sustentable de su territorio.

3.4. Almacenes de carbono en ramas producto de podas de prevención de incendios

3.4.1. Objetivo

Determinar el almacén de carbono en la biomasa contenida en las ramas producto de la poda en 1 hectárea de bosque.

3.4.2. Materiales y métodos

Las mujeres del “Comité de mujeres unidas para la conservación de los bosques” de el ejido El Conejo vienen desarrollando en los últimos años podas en los fragmentos de bosque de *A. religiosa* (en el capítulo 4 se describe con detalle el proceso de la poda). Se estimó el peso fresco de las ramas podadas (la poda se realizó a una altura entre 1,30-1,50 m de alto) durante diciembre de 2010 en una franja de 1 ha (1.000x10 m) trazada sobre el borde de un fragmento de *A. religiosa* que se corresponde con el Rodal 5 (descrito en los

apartados 3.3.2 y 3.3.3.), que tiene una superficie de 6,89 ha y se localiza en la parte SW del ejido El Conejo (Figura 3.1, apartado 3.3.2). Los datos de volumen, biomasa y contenido de carbono del Rodal 5, así como de las características estructurales del arbolado que contiene, se resumen en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4. Datos generales del Rodal 5 de *Abies religiosa* del ejido El Conejo.

Superficie (ha)	Densidad (Ind/ha)	Volumen (m ³ /ha)	Biomasa (ton/ha)	Contenido de "C" (ton/ha)	Contenido de "C" total (ton)
6,89	1.328	390,87	196,85	91,50	630,41

En la superficie objeto de la poda (1 ha) se contabilizaron todos los individuos podados (1.128 árboles), se midió el peso fresco de las ramas podadas de 184 árboles (que representa el 16,3% del total de los podados), y se eligieron al azar 20 árboles a lo largo del fragmento (aproximadamente uno cada 50 m). En ellos, a partir del total del material podado y pesado, se obtuvo en campo una muestra en fresco de 1 kg que contuviera ramas y acículas. En laboratorio se obtuvo una submuestra de 250 gr de cada uno de los 20 árboles, de los cuales se estimó su peso fresco y seco (por secado a 70°C durante 48 horas). Posteriormente se calculó el cociente peso fresco/peso seco, con lo que se obtuvo el valor de la biomasa para ramas y acículas.

La estimación del contenido de carbono se realizó de acuerdo al modelo propuesto por Avendaño *et al.* (2009), que asume que el contenido de carbono, independientemente de las partes del árbol (fuste, follaje, ramas), representa el 46,48% de la biomasa.

Además, durante la actividad de poda del 2010, para el mes de diciembre, que es la temporada cuando las mujeres del ejido El Conejo elaboran coronas navideñas a partir de los materiales de la poda (ver capítulo 4 para más detalles), se pesó el material de 21 coronas elegidas aleatoriamente de entre las 450 realizadas en ese período, para las cuales se estimó tanto la biomasa como el contenido de carbono. Para ello se utilizó el procedimiento ya explicado en el apartado 3.3.2.

3.4.3. Resultados

Según los datos mostrados en las Tablas 3.2 y 3.3, el Rodal 5 tiene una superficie de 6,89 ha y una densidad de 1.328 individuos por hectárea. Los

valores promedio de su arbolado son: altura de 14,83 m, diámetro normal de 0,19 m y cobertura (espacio ocupado por la copa en proyección horizontal) de 5,88 m². El volumen presente en el arbolado es de 390,87 m³/ha, con una biomasa aérea de 196,85 ton de materia seca, que en términos de contenido de carbono para el Rodal es de 630,41 ton, con una distribución por hectárea de 91,50 ton/ha.

Tal como se muestra en la Figura 3.3, el bosque de *A. religiosa* del Rodal 5, en cuanto a su estructura, presenta cuatro grupos de individuos en términos de sus tamaños en diámetro normal: el primero de ellos en la categoría de 0 a 5 cm; el segundo entre los 5 y 30 cm; el tercero entre los 30 y 45 cm; y el último entre los 55 y >60 cm. No se encontró regeneración de las categorías de <30 cm y de 30-130 cm. Sin embargo, la estructura de tamaños y edades se acerca a una forma de “J” invertida, es decir tiene una mayor cantidad de individuos jóvenes. En cuanto a la cobertura, dos terceras partes de los individuos alcanzan un máximo de 5 m². Respecto a la altura se aprecian cuatro estratos a nivel del dosel: un dosel bajo entre los 0-5 m de altura; un dosel intermedio que se ubica entre los 5 y 20 m; un dosel superior entre 20 y 30 m; y finalmente escasos individuos que logran alcanzar hasta los 40 m de altura. En términos de perturbación del fragmento, se contabilizaron 32 tocones/ha con diámetros de 0-20 cm.

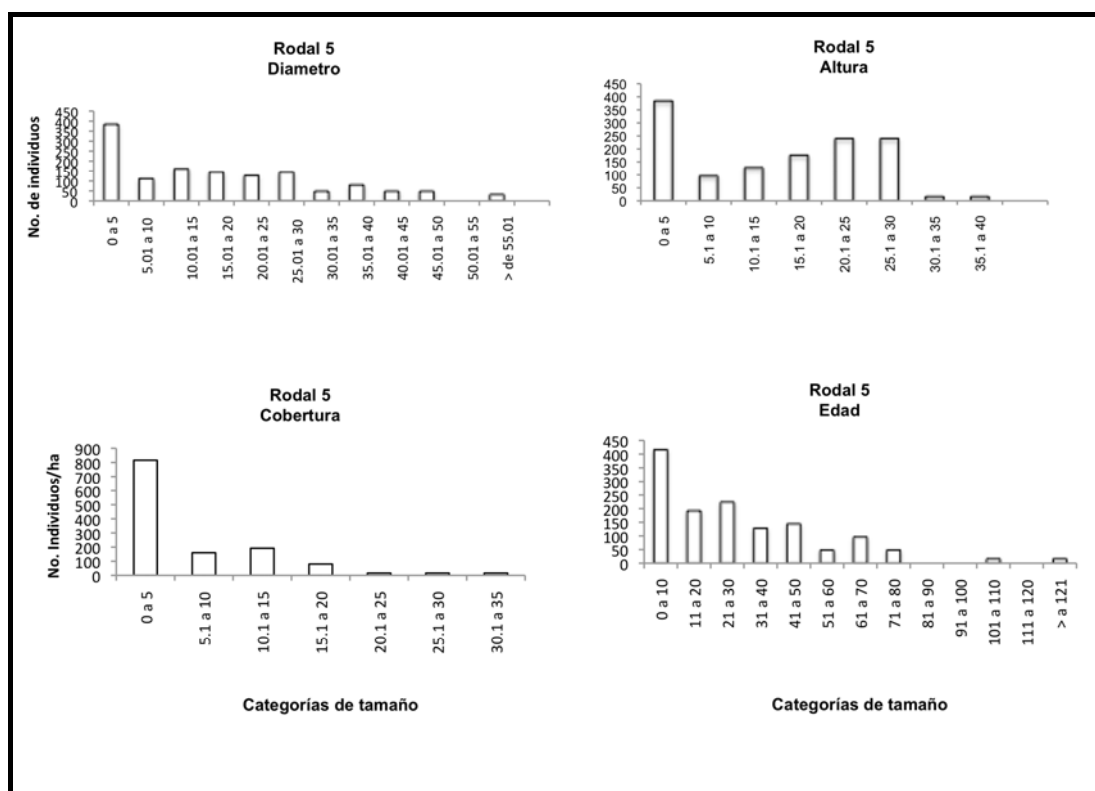


Figura 3.3. Distribución de tamaños para las diferentes características estructurales del Rodal 5 del ejido El Conejo.

La distribución del peso de las ramas podadas por árbol varió considerablemente dentro de la muestra de 184 individuos podados en los que se pesó el material podado (un 16,3% de los 1.128 podados en toda la hectárea), pues se encontraron pesos desde 3 hasta más de 49 kilos (Figura 3.4). El monto total de la poda fue de 5,35 ton de ramas, de las cuales se obtuvo una biomasa (peso seco) de 2,55 ton.

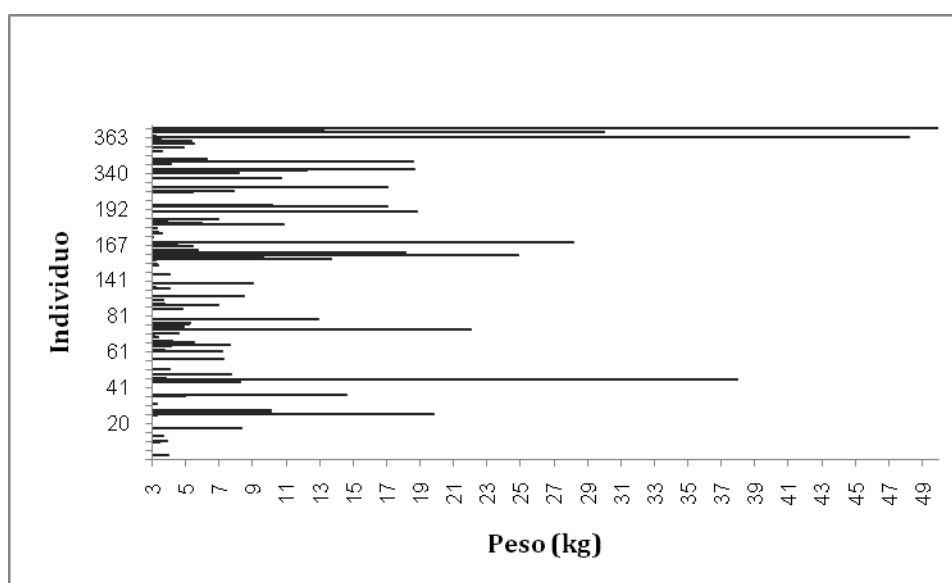


Figura 3.4. Distribución de pesos del material podado por árbol en la muestra de 184 individuos.

Considerando lo propuesto por Avendaño *et al.* (2009) respecto a que el 46,48% de la biomasa para *A. religiosa* corresponde al contenido de carbono, se ha encontrado entonces que el contenido de carbono en los residuos de la poda fue de 1,19 ton, mientras que el contenido de carbono en la biomasa aérea del arbolado fue de 91,50 ton/ha.

El peso promedio en fresco de las 21 coronas navideñas fue de 1,90 kg, de las cuales, habiendo ya estimado a través del secado del material de las podas que el 47,64% del peso en fresco representa el peso seco para *A. religiosa*, se estimó tanto la biomasa como el contenido de carbono, proyectando estos cálculos a las 450 coronas que las mujeres del ejido El Conejo elaboraron para su venta a partir de la hectárea podada. Así, se

encontró que la biomasa que representan las coronas fue de 0,407 ton/ha, y que contienen 0,19 ton/ha de C (Tabla 3.5).

En términos de emisión de CO₂ a través de la poda, se está generando una emisión de 4,3 ton/ha de CO₂, dato que se obtiene al multiplicar por 3,67 el contenido de carbono (Ryan *et al.*, 2010), mientras que el mantenimiento de una hectárea de arbolado en etapa fustal está reteniendo 335,80 ton de CO₂ y 0,69 ton de CO₂ se encuentran retenidas en las 450 coronas (Tabla 3.5).

Tabla 3.5. Contenidos de carbono y CO₂ por tipo de reservorio.

Reservorio	Biomasa (ton/ha)	Contenido de carbono (ton/ha)	CO ₂ (ton/ha)
Arbolado en pie	196,85	91,50	335,80
Residuos de poda	2,55	1,28	4,30
Coronas navideñas (450)	0,407	0,19	0,69

3.4.4. Discusión

El impacto que el cambio climático está teniendo en las distintas regiones del planeta afecta de manera diferente a los países y sociedades, a hombres y mujeres y, más aun, a los grupos más desfavorecidos (WEDO/UNFPA, 2009). Históricamente a las mujeres se les ha considerado como uno de los sectores de la sociedad más vulnerables, pero actualmente se empieza a considerarlas como un elemento fundamental en las estrategias mundiales para la adaptación y para la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero en la lucha contra el cambio climático (WEDO, 2007), dado el histórico papel que han asumido ante sus familias, su comunidad y su entorno, especialmente en las zonas rurales.

Sin embargo, actualmente ninguno de los fondos de financiamiento para el cambio climático está considerando la perspectiva de género (Shalatek, 2010), aunque sí está aumentando el interés en torno a las diferencias de género respecto a la adaptación y mitigación (UNDP, 2009), teniendo en cuenta los contrastes que en términos de percepción sobre los recursos naturales tienen tanto hombres como mujeres (Begossi *et al.*, 2002; Camou-Guerrero *et al.*, 2008).

Shalatek (2010) señala que es necesario integrar las capacidades de las mujeres para enfrentar y disminuir los efectos del cambio climático, lo cual puede lograrse a través de programas o proyectos enfocados a acciones

locales, como el uso de energías renovables o actividades de protección de sus bosques.

Es así como la actividad de poda que las mujeres de El Conejo desarrollan año con año en los territorios de su ejido (ver más detalles en el Capítulo 4) representa una acción para enfrentar el cambio climático, al igual que lo realizado por otros grupos de mujeres de otros países de Centroamérica, de Indonesia o de Filipinas, en donde han sido capacitadas para formar parte en tales casos de brigadas forestales (Aguilar *et al.*, 2002).

En términos de lo que estas acciones de mitigación representan, se puede decir que las podas constituyen una herramienta de conservación del bosque, ya que con ellas no solo se está disminuyendo el riesgo de incendios, sino también se está contribuyendo, a través del desrame, a una mejor entrada de luz al sotobosque, con lo que se pueden mejorar las condiciones para la regeneración de la especie principal (*A. religiosa*).

En el fragmento del bosque estudiado (Rodal 5) no se encontraron individuos en la categoría de >30 cm y <1,30 m de altura, por lo que se espera que el desrame ocasionado por la poda pueda favorecer la regeneración. Estudios realizados sobre la regeneración de estos mismos bosques (Lara *et al.*, 2009) encontraron que ésta es mayor en claros que en el sotobosque, y considerando que las podas se hacen en los bordes de los fragmentos, la poda puede contribuir a estimular el pulso de la regeneración en dichas zonas y propiciar con ello el aumento en la superficie del fragmento. Sin embargo, esto es algo que debe ser probado con futuros estudios.

3.5. Balance de carbono en suelos

3.5.1. Objetivos

Los objetivos que se plantean en esta parte de la tesis son los siguientes:

1. Estimar los balances de C y la tasa de respiración estacional del suelo y del mantillo para dos estaciones (húmeda, de junio a octubre, y seca, de noviembre a mayo) en un bosque de *Abies religiosa* ubicado en el Parque Nacional Cofre de Perote, en el centro de México.
2. Explorar la relación entre los nutrimentos en el suelo y la tasa de respiración del suelo y el mantillo respecto al gradiente altitudinal y densidad del arbolado.

3.5.2. Materiales y métodos

Para realizar este estudio se han realizado mediciones en 5 sitios ubicados a lo largo de un transecto altitudinal entre los 2.850 y los 3.570 msnm dentro del Parque Nacional Cofre de Perote (Figura 3.5), y los datos descriptivos de los mismos se muestran en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6. Descripción de los atributos de cada uno de los sitios estudiados en un gradiente altitudinal en el Parque Nacional Cofre de Perote (Veracruz, México).

Sitio	Altitud	Especie	Nº indiv/ha	Altura promedio (m)	DAP promedio (m)	Cobertura promedio (m²)	Volumen (m³/ha)	Biomasa (ton/ha)	Pendiente (grados)	Exposición
1	2.850	<i>A. religiosa</i>	288	12,59	0,22	5,95	96,48	48,59	19	70° N
		<i>Pinus montezumae</i>	224	6,16	0,11	3,56	9,17	4,62		
2	2.926	<i>A. religiosa</i>	992	15,65	0,2	18,31	341,40	171,94	26	260° O
3	3.353	<i>A. religiosa</i>	1.184	3,63	0,13	2,79	39,93	20,11	28	15° NE
4	3.450	<i>A. religiosa</i>	1.392	3,52	0,14	2,6	52,79	26,59	10	29° NE
5	3.570	<i>A. religiosa</i>	112	6,67	0,1	2,6	4,10	2,06	22	N
		<i>Pinus hartwegii</i>	1.936	6,78	0,11	2,82	87,31	43,97		

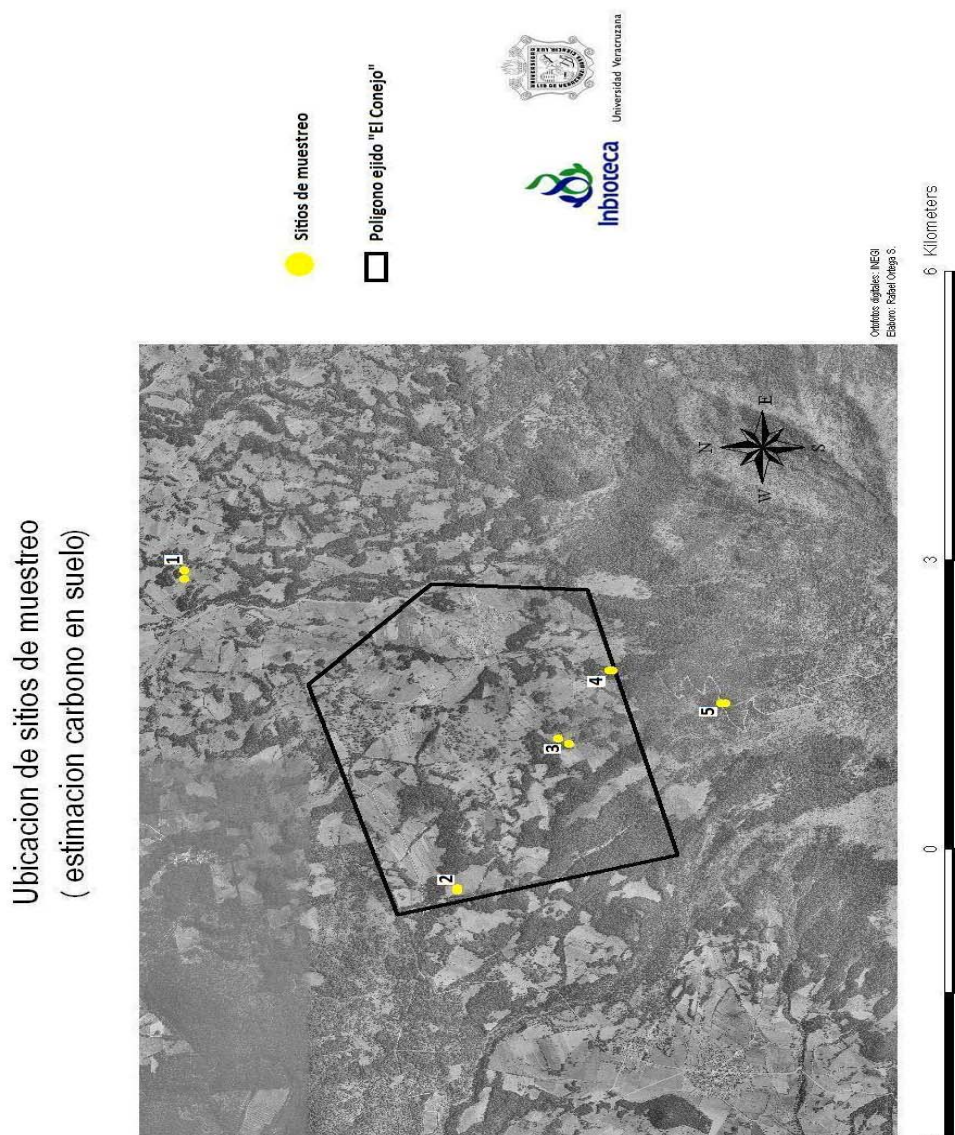


Figura 3.5. Ubicación de los sitios de estudio del balance de carbono en suelos dentro del Parque Nacional Cofre de Perote (Veracruz, México).

3.5.2.1. Caracterización del arbolado

En cada uno de los sitios se estableció una parcela de 0,0625 ha (50x12,5 m), en la que se registró la altitud y el número de individuos de especies arbóreas presentes, a los cuales se les midió el diámetro normal o a la altura del pecho, la altura total y la cobertura (superficie ocupada por la copa en proyección horizontal). A partir de los datos recabados se estimó el volumen

y la biomasa de los árboles utilizando las mismas ecuaciones reseñadas en el apartado 3.3.2.

3.5.2.2. Nutrientes en el suelo y tasa de transformación de C

Se colectó mantillo sobre un área de 15 x 15 cm y bajo ésta se muestreó suelo mineral a una profundidad de 15 cm. Se tomaron dos muestras dentro de cada cuadrante altitudinal elegido a partir de la delimitación de parcelas para el estudio de la biomasa área explicado arriba. Como dato anexo se colectaron muestras para la estimación de raíces con nucleador de 8 cm de diámetro y a una 15 de profundidad. Ambas muestras de suelo (con raíces y sin raíces) se guardaron por separado en bolsas negras a una temperatura de 4°C hasta su análisis. Las raíces en el suelo se separaron manualmente del suelo, se pesaron en fresco para posteriormente secarlas a 70°C durante 48 hrs y se registró su peso seco.

La humedad del suelo se estimó gravimétricamente, esto es, mediante la diferencia de humedad entre muestras de suelo fresco y muestras secadas dentro de un horno a 70°C durante 48 horas. El pH del suelo se determinó usando agua des-ionizada (en proporción 1:1) y una solución de CaCl_2 (en proporción 1:5). Se determinó el C orgánico (COS) y el N total en el suelo, y para ello previamente se tamizó el suelo con una malla <2 mm, se secó a 100°C durante 48 horas y se trituro en un mortero de ágata. La determinación del COS en suelo se realizó siguiendo el protocolo de un autoanalizador de C (UIC Mod. CM5012, Colorado, EEUU). La determinación de N y P totales en suelo se realizó en un autoanalizador Braun+Luebbe 3 (Norderstedt, Alemania).

Se determinaron las concentraciones de formas disponibles de N (amonio y nitrato) a partir de suelo fresco en el autoanalizador Braun+Luebbe 3 (Norderstedt, Alemania). Tanto para COS, N y P totales, y para amonio y nitrato, se determinaron para la época húmeda (junio a octubre) y seca (noviembre a mayo).

Las tasas netas potenciales de mineralización de C del suelo y del mantillo se determinaron durante la estación seca y lluviosa mediante un experimento de incubación aerobia (del suelo y del mantillo) de acuerdo a Coleman *et al.* (1978). El CO_2 -C respirado por la actividad microbiana en el suelo o mantillo a una temperatura constante de 25°C fue capturado en trampas de NaOH y estimado mediante la titulación de las mismas con HCL

1N. Las lecturas fueron tomadas cada 48 horas a lo largo de 13 días, durante los cuales el suelo o el mantillo fueron mantenidos a capacidad de campo mediante el abasto de agua des-inoizada periódicamente. Las unidades reportadas fueron μg de C por g de suelo o mantillo seco por día.

3.5.2.3. Análisis estadísticos

3.5.2.3.1. Almacenes de carbono en biomasa aérea del arbolado en pie

Se realizaron regresiones paso a paso para explorar la variable y conjunto de variables (diámetro normal promedio, altura promedio, cobertura promedio y altitud) que mejor explicasen la cantidad de carbono capturado por hectárea. Para ello se usó el Proc Reg de SAS (SAS, 2003).

3.5.2.3.2. Balance de C en el suelo y su relación con la vegetación y otros nutrientes

La comparación entre sitios ($n=3$ para cada sitio en cada estación $N=15$ para cada estación incluyendo todos los sitios) de la concentración de C, N y P totales, amonio, nitrato y P disponible en suelo, humedad del suelo, así como la tasa neta de mineralización potencial de C (TNMPC), tanto en el suelo como en el mantillo, se realizó mediante modelos de ANOVA de una vía. Cuando el análisis fue significativo se realizaron comparaciones de Tukey con corrección Bonferroni.

La influencia de la altitud en los nutrientes del suelo y en las tasas de transformación de C (TNMPC) en suelo y mantillo, se analizó mediante el ajuste de datos de modelos de correlación lineal y no lineal. Para conocer la relación entre la densidad del arbolado (número de individuos por ha) y los nutrientes del suelo y la tasa de transformación de C se realizaron ajustes de los datos a modelos de correlación lineal. Los análisis se realizaron con el programa estadístico R Development Core Team (2007). El valor de alfa fue igual o menor a 0,05 para todos los casos.

3.5.3. Resultados

3.5.3.1. Caracterización del arbolado

A lo largo del gradiente altitudinal se muestran diferencias en los atributos de los sitios. En la mayoría de ellos domina el oyamel (*Abies*

religiosa), aunque en el sitio de mayor altitud domina *Pinus hartwegii* y en el de menor altitud se encuentra presente *Pinus montezumae*. En términos del número de individuos por hectárea, varió de 512 (para el sitio 1) a 2.048 (para el sitio 5). En cuanto a los valores de biomasa, el sitio 3, que se encuentra en la parte media del transecto, presenta el valor más alto, seguido por el sitio 1, el de menor altitud, y después por el 5, el de mayor altitud (Tabla 3.6).

A continuación se describe estructuralmente cada sitio de estudio (Figura 3.6):

Sitio 1: La distribución de diámetros, tanto de *Abies religiosa* como de *Pinus montezumae*, coincide en la falta de continuidad en los tamaños; es decir, no hay reclutamiento de individuos en varias categorías. Se observa una mayor densidad de pinos en la primera categoría, y una densidad también mayor en la categoría superior a 50 cm para el caso de *Abies religiosa*. Respecto a la distribución de alturas, *Abies religiosa* aparece en todas las categorías, mientras que *Pinus montezumae* solo se encuentra en dos de ellas, aunque en la primera categoría supera en densidad al oyamel.

Sitio 2: Solo se encuentra presente *Abies religiosa*. Se aprecia una curva diamétrica de “J” invertida, típica de especies que se regeneran bajo su propia cobertura (especies de temperamento de sombra), como es el caso de *Abies religiosa*. La distribución de alturas del *Abies religiosa* refleja, en términos generales, tres estratos en el dosel: un dosel bajo (0-15 m), un dosel intermedio (15-30 m) y un dosel superior con menor número de individuos (30-45 m).

Sitio 3: Aquí nuevamente *Abies religiosa* muestra una distribución diamétrica de “J” invertida, aunque ahora la primera categoría es mucho más abundante y se aprecia una disminución en el número de individuos de las categorías subsecuentes. Respecto a la distribución de alturas, se aprecian de manera más evidente tres estratos a nivel del dosel. Para la cobertura, se constata que *Abies religiosa* solo presenta las primeras dos categorías de tamaño.

Sitio 4: *Abies religiosa* empieza a presentar una disminución en el número de individuos de casi todas sus categorías, siendo más evidente para la categoría

de 30-35 cm. Al igual que en el sitio 3, se aprecian tres estratos de alturas del dosel, y solo dos categorías de tamaño para la cobertura.

Sitio 5: Los individuos de *Abies religiosa* son reemplazados en gran parte por *Pinus hartwegii*, que presenta una importante densidad en las primeras categorías de tamaño que garantizan el reclutamiento de individuos en las categorías más grandes. Sin embargo, el pino también presenta ausencia de individuos en categorías intermedias. Respecto a las alturas, tanto *Abies religiosa* como *Pinus hartwegii* presentan tres estratos a nivel del dosel, pero *Pinus hartwegii* es mucho más frecuente en las categorías en las que se encuentra presente. En cuanto a la cobertura, *Abies religiosa* solo presenta las primeras dos categorías de tamaño, pero son rebasadas en número por las coberturas de individuos de *Pinus hartwegii*.

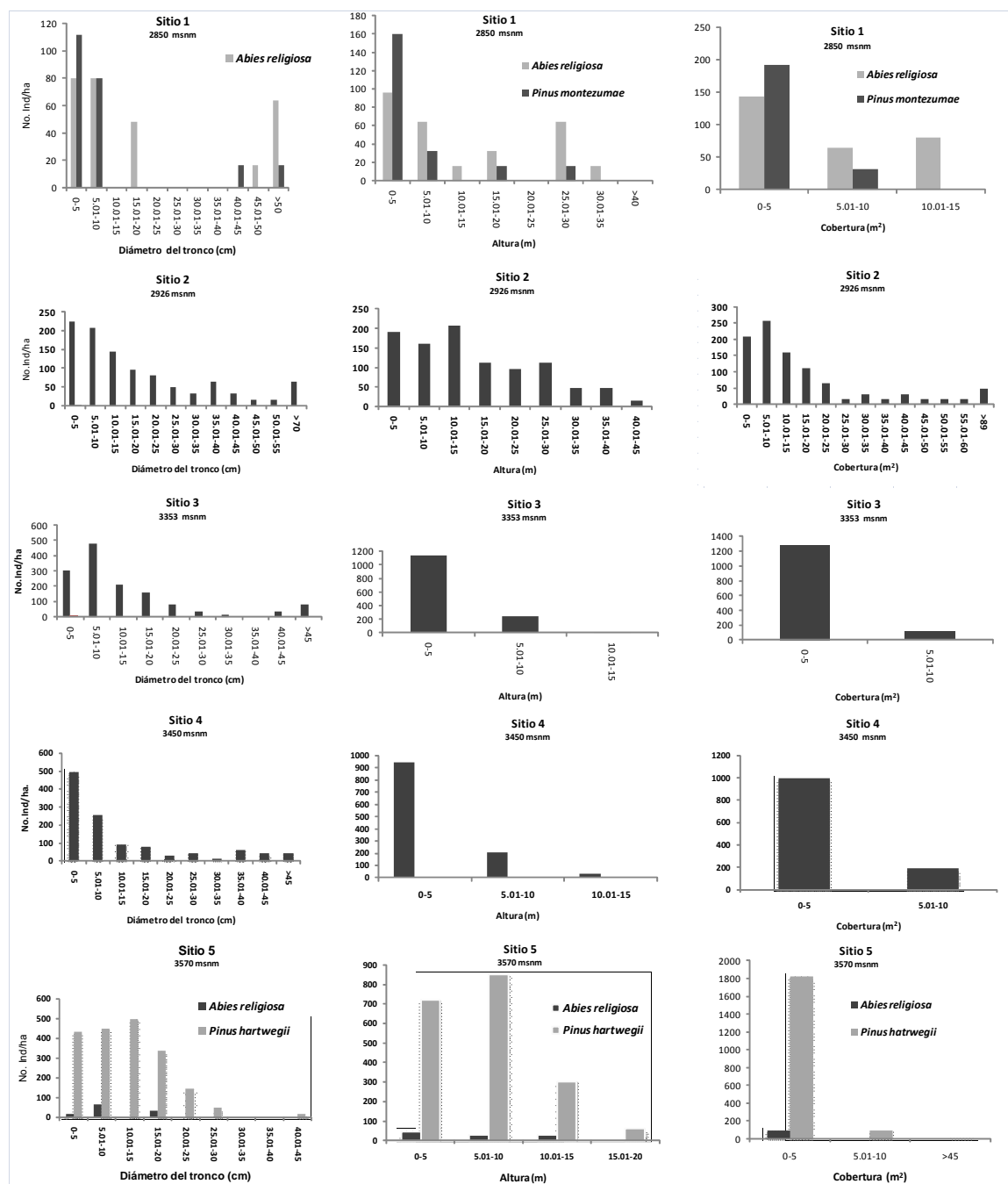


Figura 3.6. Características estructurales de los sitios de estudio del balance de carbono en suelos dentro del Parque Nacional Cofre de Perote (Veracruz, México).

3.5.3.2. Nutrientes en el suelo y tasa de transformación de C

Los análisis indican que las formas totales de C y N en el suelo difieren entre los sitios evaluados a través de la franja altitudinal ($F=3,9$ y $p=0,02$; $F=7,0$ y $p=0,05$; $F=13,3$ y $p=0,007$, respectivamente). Para los tres nutrientes los sitios con menor elevación mostraron las mayores concentraciones (Figura 3.7). Las formas totales de C, N y P en el suelo no mostraron variación entre estaciones (seca y húmeda). Sin embargo las formas disponibles de N mostraron diferencias entre sitios y entre estaciones.

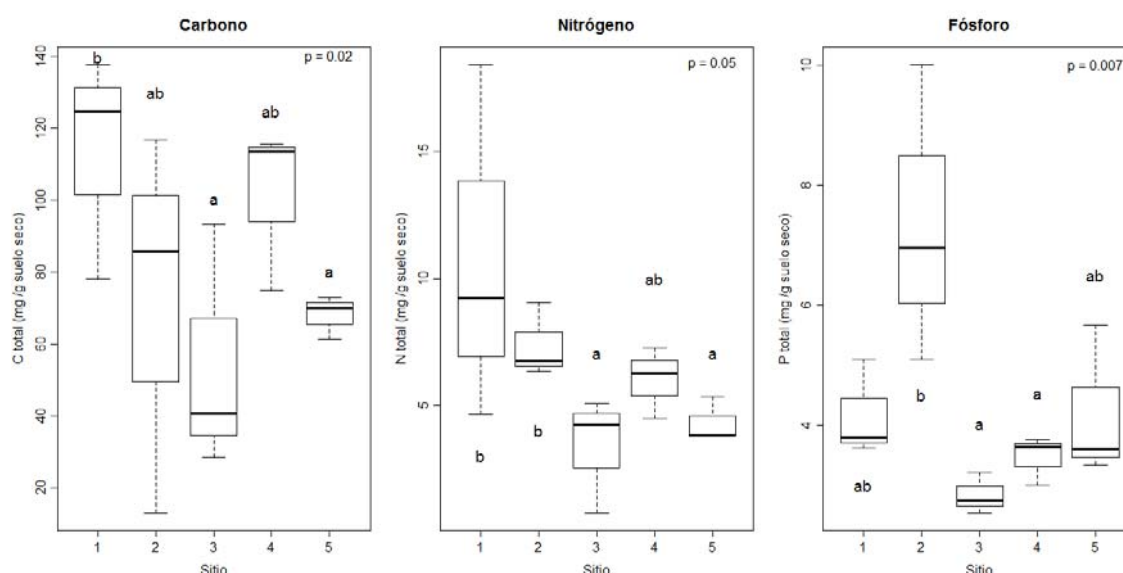


Figura 3.7. Concentraciones de C, N y P en el suelo por gramos de suelo seco. No hay diferencias entre estaciones, sólo entre sitios.

El amonio difirió entre sitios ($F=3,5$ y $p=0,03$) y ($F=4,5$ y $p=0,05$), mientras que el nitrato mostró una interacción entre el sitio y la estación ($F=4,2$ y $p=0,01$). El sitio con mayor amonio fue el sitio 1, que se encuentra en el extremo inferior de la franja, mientras que la menor concentración de amonio se detectó en el sitio 5, ubicado en el extremo superior de la franja de distribución del bosque. La estación con mayor concentración de amonio fue la estación húmeda. El nitrato mostró mayor concentración durante la estación húmeda con excepción del sitio 5, donde la mayor concentración se presentó durante la estación seca. El porcentaje de contenido de agua en el suelo no presentó diferencias entre la estación seca y húmeda ni entre sitios. (Figura 3.8. y Tabla 3.5.2.)

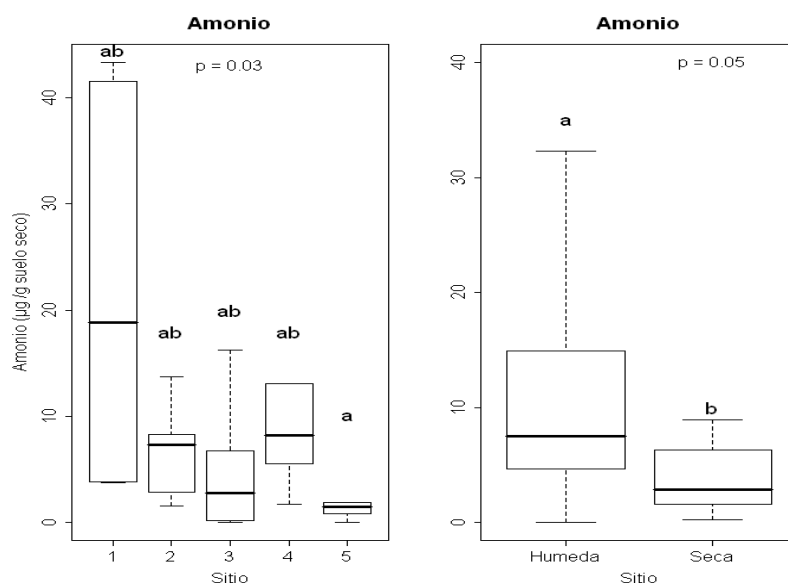


Figura 3.8. Media y cuartiles de la distribución de amonio en el suelo en cada sitio y estación.

Tabla 3.7. Valores promedio y error estándar (ee) de la concentración de nitrato (µg/ g de suelo seco) en el suelo por sitio y estación (n = 3). La interacción sitio/estación fue significativa.

Estación	Sitio				
	1	2	3	4	5
Húmeda	42,0 (8,7)	21,8 (3,8)	4,1 (0,3)	9,4 (2,6)	0,0 (0,0)
Seca	1,5 (0,5)	4,2 (1,1)	0,3 (0,08)	2,3 (0,6)	1,4 (0,1)

El análisis de ANOVA indica que la TNMC en suelo no presentó diferencias entre sitios; sin embargo, la estación mostró diferencias significativas ($F=82,3$ y $p<0,0001$). Durante la estación seca la TNMC en el suelo presentó los mayores valores (Figura 3.9). La tasa de TNMC en mantillo no mostró diferencias entre sitios ni estación, siendo el promedio para todo el conjunto de datos $108,0 \mu\text{g/g}$ de mantillo seco por día, con un error estándar de $\pm 8,7$.

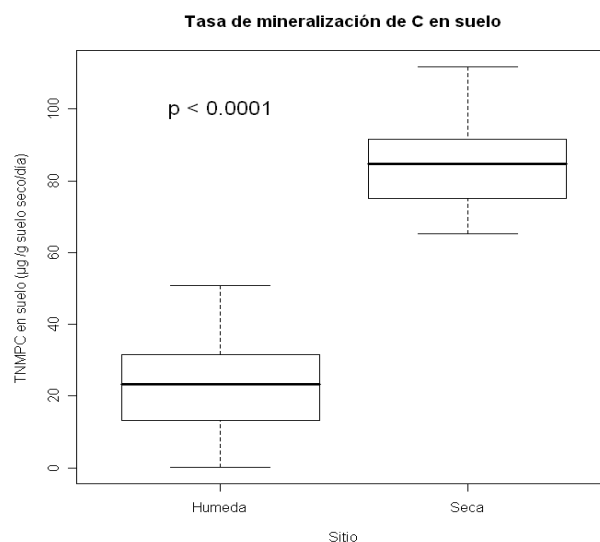


Figura 3.9. Mediana y cuartiles de la distribución de la concentración de la tasa neta de mineralización de C (TNMC) en el suelo para cada estación (húmeda y seca). No hay diferencias entre sitios.

La relación entre la altitud y el C total en el suelo no fue significativa; sin embargo, para el N y P totales la relación fue significativamente negativa (Figura 3.10), donde el extremo superior de la franja de bosque presentó significativamente menor N y P totales en el suelo.

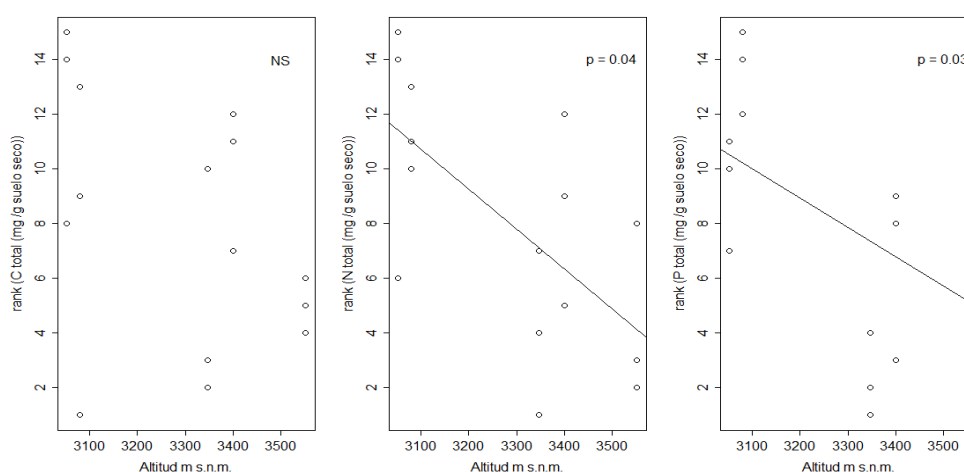


Figura 3.10. Correlación lineal de la concentración de C, N y P en el suelo respecto a la altitud.

El amonio no mostró relación significativa con la altitud para ninguna de las estaciones. Sin embargo, el nitrato mostró una relación negativa con la altitud para la estación húmeda ($F= 19,9$ y $p=0,0006$) (Figura 3.11).

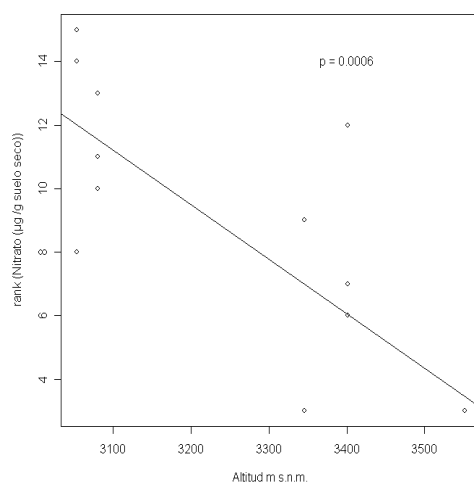


Figura 3.11. Relación entre el nitrato y la altitud.

La TNMC en suelo mostró una relación no lineal con la altitud, siendo los sitios de altitud intermedia los que muestran los valores más altos de transformación de C, tanto para la estación seca como la estación húmeda (Figura 3.12). La TNMC en mantillo muestra diferentes relaciones no lineales con la altitud entre estaciones.

En la estación húmeda los sitios intermedios son los sitios con menor mineralización de C (Figura 3.12), mientras que en la estación seca se observó lo contrario, los sitios intermedios en altitud fueron los que presentaron los mayores valores de mineralización de C (Figura 3.13). En la estación húmeda, la distribución del porcentaje de contenido de agua es similar a la relación que presenta la mineralización de C en el mantillo (Figura 3.14).

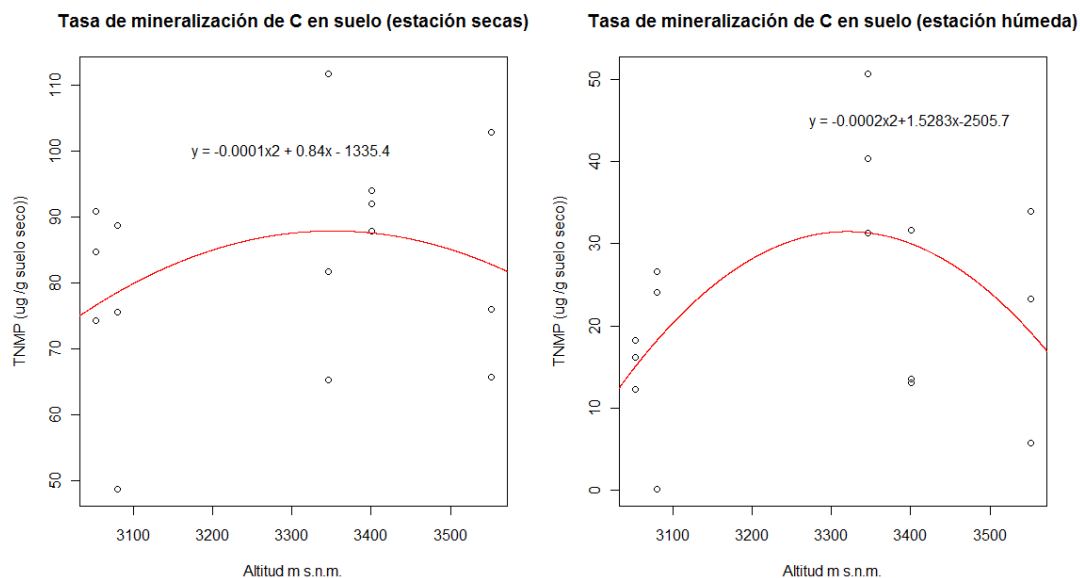


Figura 3.12. Correlación no lineal de la tasa neta potencial de mineralización de C respecto a la humedad para las dos estaciones (seca y húmeda).

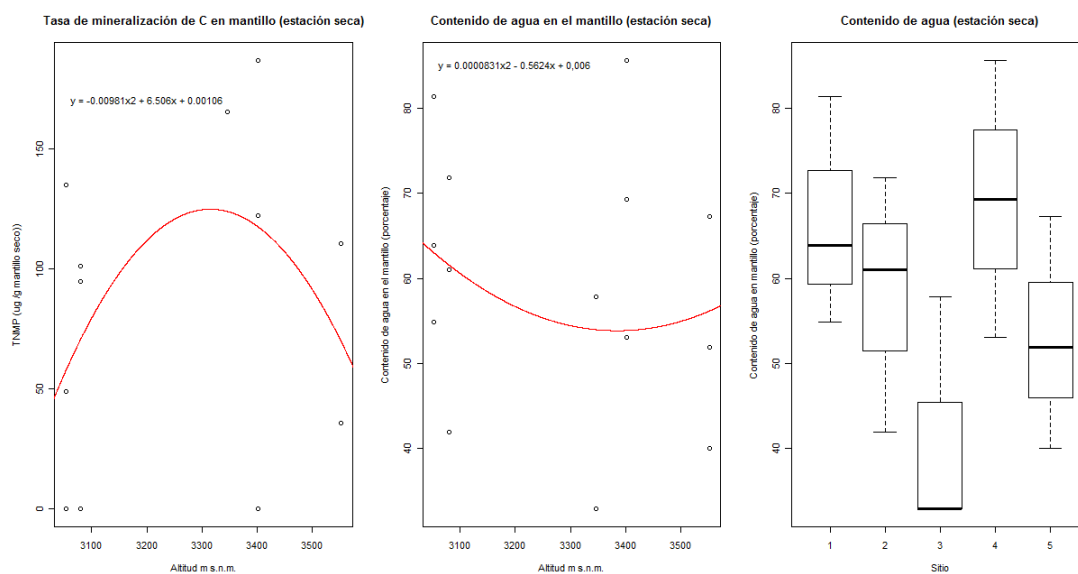


Figura. 3.13. Tasa neta de mineralización de C en el mantillo y contenido de agua en el mantillo en la estación seca.

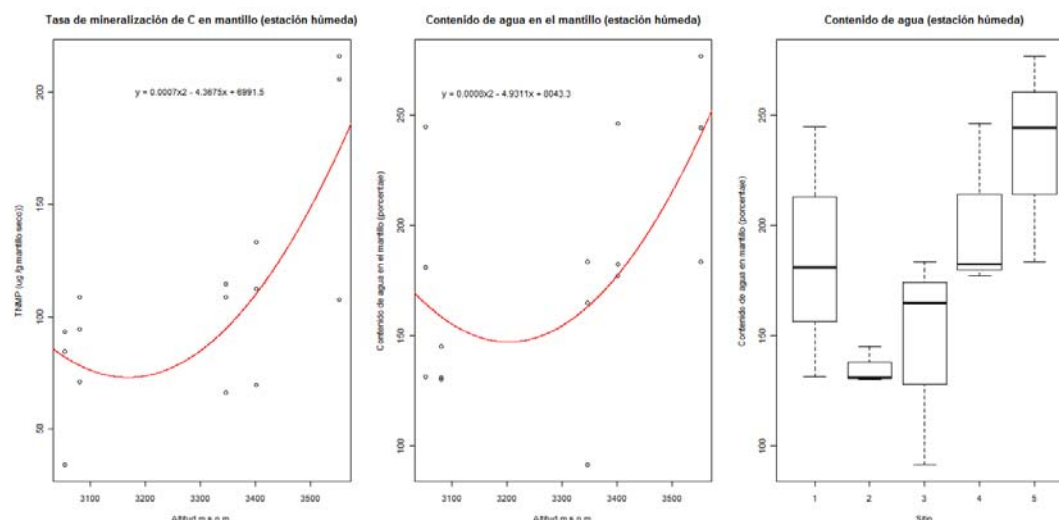


Figura 3.14. Tasa neta de mineralización de C en el mantillo y contenido de agua en el mantillo en la estación húmeda.

La relación que muestra la densidad del arbolado respecto a las variables evaluadas en el suelo fue significativa para el C, N, amonio en la estación húmeda y seca, nitrato en la estación húmeda y TNMC en mantillo en la estación húmeda y seca. Para el carbono y el nitrógeno la relación fue negativa ($F=9,2$ y $p=0,01$; $F=8,7$ y $p=0,01$, respectivamente), donde a mayor densidad de arbolado menor concentración de C o N total en el suelo se presenta (Figura 3.15).

El amonio presentó una relación negativa con la densidad de arbolado en la estación húmeda ($F=6,0$ y $p=0,03$) y en la estación seca ($F=11,7$ y $p=0,005$). De la misma manera, el nitrato presentó una relación negativa con la densidad de arbolado, pero sólo para la estación húmeda ($F=15,1$ y $p=0,002$; Figura 3.16).

La TNMC en mantillo mostró una relación positiva con la densidad de arbolado, tanto para la estación húmeda ($F=9,2$ y $p=0,01$) como para la estación seca ($F=8,7$ y $p=0,01$; Figura 3.17).

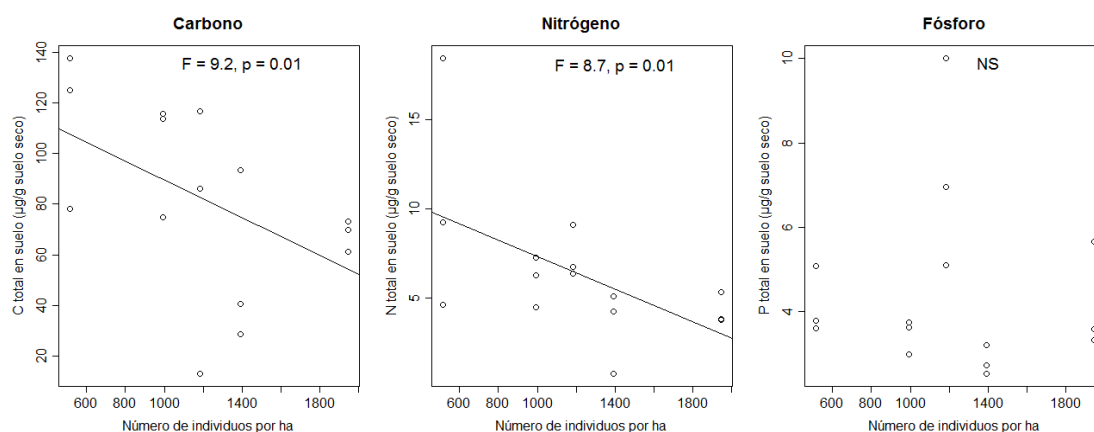


Figura 3.15. Relación entre densidad de arbolado y C, N y P en el suelo.

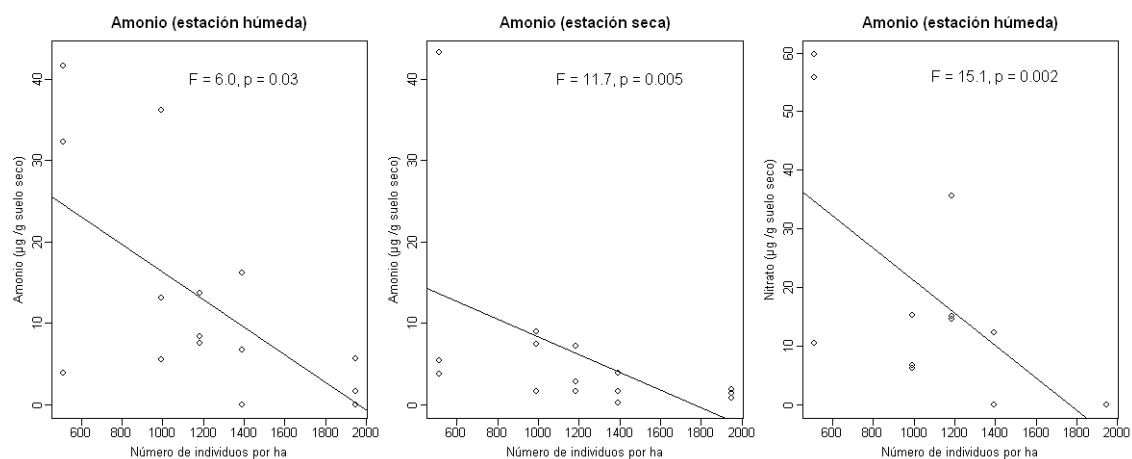


Figura 3.16. Relación entre la densidad del arbolado y formas disponibles de N.

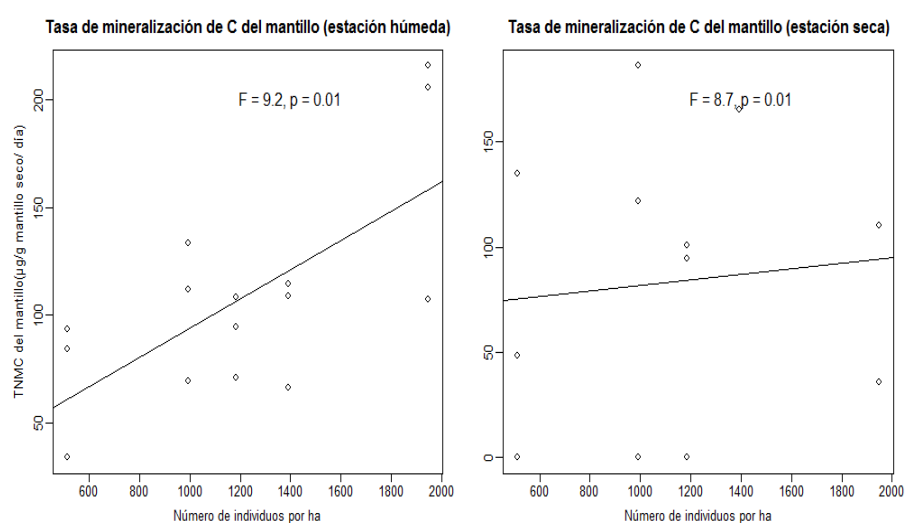


Figura 3.17. Relación entre la densidad de arbolado y la tasa de mineralización de C en el mantillo durante la estación de lluvias y secas.

3.6. Discusión

El gradiente en el que se encuentran los sitios de estudio representan la distribución que *Abies religiosa* (oyamel) tiene en la ladera oriental de la montaña del Cofre de Perote, la cual constituye una barrera para los vientos cálidos que vienen del Golfo de México, que suben por esta ladera, se enfrían y precipitan (Ramírez, 1983; Narave, 1985, INEGI-OSTROM, 1991).

Abies religiosa se encuentra compartiendo el hábitat con *Pinus montezumae* para el sitio de menor altitud, superando el pino al oyamel con la presencia de individuos en las categorías de tamaño 0-5, tanto en diámetro (cm) como en altura (m). Por otro lado, el pino está presente en varios estratos del dosel. Esto significa que el pino, por ser una especie de estados sucesionales tempranos (pionera), está teniendo mayor éxito en su establecimiento que *Abies religiosa*. En términos de perturbación, con la acción de incendios severos o extracción de arbolado, *Pinus montezumae* podría desplazar a *Abies religiosa*.

El caso contrario sucede respecto al patrón que se observa en la cota más alta (3.570 m), donde está presente *Abies religiosa* y comparte el hábitat, en este caso, con *Pinus hartwegii*, que supera ampliamente al oyamel, pues éste se encuentra tan solo en algunas categorías de manera dispersa y estando en desventaja frente a *P. hartwegii*. Sin embargo, si se consideran las proyecciones de aumento de temperatura y disminución de la precipitación que se esperan por efectos del cambio climático, y que estarán afectando de manera importante a los bosques de coníferas de grandes elevaciones (Villers-Ruiz y Trejo-Vázquez, 1998; PVCC, 2008), es posible que *Abies religiosa* desplace a *Pinus hartwegii*.

Al respecto de *Pinus hartwegii*, y de acuerdo a las proyecciones elaboradas, se le considera como una de las especies que podrían desaparecer del territorio veracruzano (PVCC, 2008), mientras que para México se proyecta que su área de distribución podría reducirse en un 49% (Villers-Ruiz y Trejo-Vázquez, 2004).

Se obtuvieron diferentes ecuaciones para explicar la cantidad de carbono almacenado por hectárea sobre el suelo. Para fines prácticos, se sugiere que para estimar el almacenaje de carbono por hectárea en los bosques de oyamel en la región del Cofre de Perote se use la ecuación:

$$Carb = 268,1582 - 0,07675 \cdot Alt + 15,03922 \cdot Cobm$$

donde *Carb* es la cantidad de carbono almacenado por hectárea, *Alt* es la altitud y *Cobm* es la cobertura promedio.

Esta ecuación está altamente correlacionada ($R^2=0,988$, $F=81,07$, $p=0,012$) y las variables altitud y cobertura promedio del arbolado son relativamente sencillas de registrar en campo. Por tanto, esta ecuación será muy útil en los actuales trabajos que se están desarrollando en el Cofre de Perote, y se propone explorar estas mismas relaciones en bosques similares dominados por el género *Abies* en otras zonas de México e incluso en otros países, pues se plantea la hipótesis de que éstas relaciones serán muy parecidas a las obtenidas en este trabajo.

Los resultados muestran una variación del C orgánico y N totales en el suelo de acuerdo a la densidad de arbolado, y no respecto a la estacionalidad. Lo anterior indica que las concentraciones de una estación a otra en formas totales de C orgánico y N son más o menos constantes de un año a otro. Diversos estudios en diferentes ecosistemas de latitud similar (selva baja, Montaña *et al.*, 2007; semidesierto, Perroni *et al.*, 2010; bosques templados, García-Oliva *et al.*, 2003) muestran el mismo patrón de constancia anual en formas totales de nutrientes, lo que puede interpretarse como que el tiempo de residencia del nutriente en su forma total no es estacional y un cambio puede observarse sólo en estudios de largo plazo (Fisher y Binkley, 2000).

Con el incremento en la densidad del arbolado el C y el N disminuyen, lo que puede interpretarse como una influencia biótica sobre el ciclo de C y N. Es sabido que los ciclos biogeoquímicos de C y N tienen una gran influencia biótica y que su transformación depende en gran medida de la actividad microbiana en el suelo (Paul y Clarke, 1998). Sin embargo, para el caso estudiado, y dado que se trata de un ambiente extremo (línea limítrofe de árboles altitudinalmente), pudieran existir efectos confundidos en el sentido de una mayor densidad de árboles conforme se aproxima la línea limítrofe de árboles: a mayor altitud mayor densidad de árboles hasta antes de la línea limítrofe, y menor concentración de C y N.

Es posible que esta alta densidad de árboles en la línea limítrofe sea de aparición reciente y que no haya tenido suficiente tiempo para la incorporación de materia orgánica al suelo y un incremento en la biomasa microbiana que transforma el carbono y hace disponible el N. En áreas volcánicas de reciente vulcanismo y poco desarrollo del suelo las concentraciones de C orgánico y N son bajas, y eventualmente se incrementan con la materia orgánica procedente de la vegetación que se incorpora (Vitousek, 2004). Esto podría sugerir que la

línea de árboles pueda estar avanzando hacia arriba, es decir hacia mayores altitudes. En el contexto del cambio climático global este escenario parece real, dado que factores como la temperatura podrían dejar de ejercer influencia deletérea en la actual línea limítrofe de árboles.

Excepto para el C, la altitud influye en el N y el P totales excepto para el C. Con la altitud del terreno el N y P totales disminuyen, lo que sugiere una concentración reducida de N y P en el material parental y una posible conformación de estas formas en altitudes menores como formas orgánicas, no necesariamente disponibles para la biota. Este patrón concuerda con los patrones de desarrollo del suelo y, en el caso del P, con patrones característicos de suelos donde se desarrollan coníferas con poco P en el material parental y alta concentración de P orgánico (Bashkin, 2002).

El P total no muestra relación con la densidad del arbolado ni con la estacionalidad. Al igual que ocurre con el C y el N, las variaciones de P total en el suelo no son estacionales en este bosque de *Abies religiosa* y, en contraste con el C y el N, la concentración de P total parece estar más asociada a procesos geoquímicos (como la retención de P en complejos órgano minerales) que a la vegetación.

Las formas disponibles de N, a diferencia de la forma total, parecen tener un efecto estacional, donde la estación húmeda es la que presenta los valores más altos con excepción del nitrato en el sitio más extremo de la parte superior (Sitio 5). Es posible que el cambio en la composición de especies en el arbolado (de *Abies* a *Pinus*), tenga alguna influencia en la concentración de nitrato en el suelo. Se ha reportado que especies de pinos pueden incrementar procesos de deposición atmosférica de N con el incremento de neblina (Ponette *et al.*, 2010).

En la zona de estudio la estación seca (noviembre a mayo) incluye la entrada de nortes (lluvia en forma de pequeñas gotas de agua) y alta cantidad de neblina proveniente del norte, y justo en la cara este del volcán es donde queda atrapada esta neblina, lo que explica la no diferencia en el contenido de agua en el suelo entre las estaciones seca y húmeda. Posiblemente este fenómeno se refleje en el incremento de nitrato en la zona de pinos. El amonio no presentó una relación con la altitud, pero sin embargo el nitrato presentó una relación negativa: a mayor altitud menor nitrato, debido posiblemente a que conforme aumenta la altitud la temperatura disminuye, afectando los procesos biológicos de transformación del nitrógeno como la nitrificación.

El amonio se transforma en nitrito y luego en nitrato mediante procesos biológicos y la temperatura puede afectar la actividad microbiana que da lugar a dichos procesos, o bien la abundancia de las poblaciones microbianas en el suelo (Paul y Clark, 1998). La densidad del arbolado afecta tanto al amonio como al nitrato, pues se ha encontrado que a mayor densidad existe una menor concentración de amonio y nitrato. Lo anterior puede explicarse mediante procesos de adquisición del nutriente por las plantas, por lo que a una mayor densidad vegetal le corresponde una mayor adquisición de las formas disponibles de N por las plantas y una reducción del reservorio en el suelo.

El flujo de transformación de C tiene una variación estacional; en la estación húmeda presenta en promedio 22,7 (con un error estándar de 3,5) μg de C/g de suelo seco por día, y en la estación seca 82,7 (con un error estándar de 4,1) μg de C/g de suelo seco por día. El mayor flujo de C a la atmósfera en la estación seca indica una acumulación de materia orgánica durante la misma y, por lo tanto, mayor energía para la descomposición por los microorganismos del suelo (Paul y Clark, 1998). La tasa neta de mineralización de C con respecto a la altitud presenta un efecto de borde; es decir, en los límites superior e inferior de la franja del bosque de *A. religiosa* hay una disminución en la tasa de mineralización de C, tanto para la estación seca como para la estación húmeda.

Lo anterior puede explicarse por una mayor actividad microbiana heterótrofa durante el proceso de descomposición de la materia orgánica del suelo (Paul y Clark, 1998). Es posible que el efecto de la composición de especies esté determinando este patrón más que la temperatura y la humedad en el suelo. En los sitios de mayor influencia de *Pinus* (Sitios 1 y 5) es posible una menor descomposición de la materia orgánica en comparación con los sitios exclusivos de *Abies* (Sitios 2, 3 y 4), debido a una menor incorporación de materia orgánica al suelo (C) o bien a una incorporación de elementos menos lábiles (mayor C recalcitrante difícil de descomponer como la lignina). Si bien la mineralización de C, también llamada respiración del suelo (emisión de CO_2), tiene un impacto en la concentración de CO_2 en la atmósfera, también es un indicador de fertilidad del suelo y de la energía existente para la producción de biomasa.

La tasa de mineralización del mantillo es mayor a la del suelo (108,0 μg de C/g de mantillo seco por día), debido a un mayor contenido de sustancias asimilables que incrementan la descomposición de la materia orgánica. La concentración de materia orgánica es mayor en el mantillo que en el suelo

(Paul y Clark, 1998). La relación que tiene el mantillo respecto a la altitud es muy similar al contenido de humedad en el mantillo.

Lo anterior indica que el flujo de C en este reservorio está muy relacionado con la cantidad de agua que se retenga en el mismo durante la estación húmeda. En la estación seca el flujo de C del mantillo presenta un patrón similar al del suelo, debido probablemente a la influencia de los mismos procesos (material asimilable en esa estación del año producida por la influencia de la especie vegetal). En este sentido, los resultados sugieren que a una mayor densidad de árboles el flujo de C del mantillo aumenta, debido probablemente a una mayor producción y acumulación de este reservorio por la vegetación. La presencia de vegetación con producción de hojarasca promueve el incremento en el reservorio del mantillo en muchos ecosistemas en donde la temperatura no es lo suficientemente alta para descomponerlo rápidamente (Bardgett, 2005).

La dinámica del C en el bosque de *A. religiosa* parece tener una fuerte influencia de la vegetación, específicamente de la especie dominante mediante mecanismos de producción de materia orgánica asimilable. La altitud parece influir en nutrientes como el N y el P, aunque su influencia no es clara para el ciclo de C. Sin embargo, existe una correlación sinérgica positiva entre la disponibilidad de N en el suelo respecto a la transformación de C (incremento de nitrato al incremento en el flujo de C, con $F=6,6$ y $p=0,01$) y la productividad de raíces con el incremento en la disponibilidad de N (incremento de raíces en los primeros 15 cm del suelo al incremento de nitrato, con $F=4,4$ y $p=0,05$).

En este contexto, una estrecha relación de la disponibilidad del N respecto a la respiración del C puede implicar un aumento del crecimiento vegetal y de la productividad en general de la asociación vegetal, debido a un controlador en el suelo de acoplamiento sinérgico C-N.

3.5. Bibliografía

- ACOSTA-MIRELES, M., VARGAS-HERNÁNDEZ, J., VELÁZQUEZ-MARTÍNEZ, E., ETCHEVERS-VARGAS, J. 2002. Estimación de la biomasa aérea mediante el uso de relaciones alométricas en seis especies arbóreas en Oaxaca, México. *Interciencia* 36(6): 725-736.
- AGUILAR, L., CASTAÑEDA, I., SALAZAR., H. 2002. En búsqueda del género perdido. *Equidad en áreas protegidas*. UICN, Editorial Absoluto. 219 pp.

- ALMEIDA-LEÑERO, L., NAVA, M., RAMOS, A., ESPINOSA, M., ORDOÑEZ, M.J., JUJNOVSKY, J. 2007. Servicios ecosistémicos en la cuenca del río Magdalena, Distrito Federal, México. *Gaceta Ecológica* 84-85: 53-64.
- AVENDAÑO H.D.M., ACOSTA, M.M., CARRILLO, A.F., ETCHEVERS, B.J.D. 2009. Estimación de biomasa y carbono en un bosque de *Abies religiosa*. *Fitotecnia Mexicana* 32(3): 233-238.
- BATJES, N.H. 1996. Total C and N in soils of the world. *Eur J Soil Sci* 47: 151-163.
- BARDGETT, R. 2005. The biology of soil: a community and ecosystem approach. Oxford University Press, Oxford. 242 pp.
- BASHKIN, V.N. 2002. Modern biogeochemistry. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands. 561 pp.
- BEGOSSI, A., HANAZAKI, N., TAMASHIRO, J.Y. 2002. Medicinal plants in the atlantic forest (Brazil): Knowledge, use and conservation. *Human Ecology* 30: 281-299.
- BELLÓN, M.R., MASERA, O.R., SEGURA, G. 1993. Response options for sequestering carbon in Mexican forests. Reporte al F-7 International Network on Tropical Forestry and Global Climatic Change, Energy and Environment Division, Lawrence-Berkeley Laboratory, Environmental Protection Agency, Berkeley. No publicado.
- BROWN, S., GILLESPIE, A., LUGO, A., 1989. Biomass estimation methods for tropical forest with applications to forest inventory data. *Forest Science* 35: 881-902.
- BROWN, S., HALL, CH., KNAVE, W., RAICH, J., TREXLER, M., MOONER, P. 1993. Tropical forest: their past, present and potential future role in the terrestrial carbon budget. *Water, air and soil pollution*.
- BROWN, S. 1997. Estimating biomass and biomass Change of Tropical Forests: a primer. (FAO Forestry Paper-134).
- BURINGH, P. 1984. Organic carbon in soils of world. En: Woodwell, G.M. (Ed.) The role of terrestrial vegetation in global carbon cycle: Measurement by remote sensing. John Wiley. 91-109.
- CARABELLI, B., ORELLANA, A.C., JARAMILLO, A., GÓMEZ, M.F. 2006. Modification of the flora composition in edges of fragmented *Austrocedrus chilensis* forests in Patagonia. *Forest Systems* 15(1): 42-49.
- CHAPIN III, F.S., MATSON, P.A., MOONEY, H.A. 2002. Principles of terrestrial ecosystem ecology. Springer, New York. 436 pp.
- CAMOU-GUERRERO, A., REYES-GARCÍA, V., MARTÍNEZ-RAMOS, M., CASAS, A. 2008. Knowledge and use value of plant species in a Rarámuri community: A gender perspective for conservation. *Hum Ecol* 36: 259-272.

- DE JONG, B.H.J., 2001. Cambio de uso de suelo y flujos de carbono en los altos de Chiapas, México. Simposio Internacional Medición y Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales, 18-20 de octubre 2001. Valdivia. Chile.
- DEY, S.K. 2005. A preliminary estimation of carbon stock sequestered through rubber (*Hevea brasiliensis*) plantation in North Eastern regional of India. Indian Forester 131(11): 1429-1435.
- EGUIARTE, F.L., 1994. Niveles y patrones de variación genética del género *Abies* en México. Tesis Prof. Ciencias UNAM, Instituto de Ecología, México D.F. 80 pp.
- FRAGOSO, L.P.I. 2003. Estimación del contenido y captura de carbono en biomasa aérea del predio "Cerro Grande", municipio de Tancítaro Michoacán. Tesis. Ingeniero Agrónomo especialista en bosques. Facultad de Agrobiología Presidente Juárez. 66 pp.
- FISHER, R.F., BINKLEY, D. 2000. Ecology and management of forest soils. 3rd Ed. John Willey and Sons, Inc., New York. 489 pp.
- GARCÍA, A.V., SÁNCHEZ, L.D.L. 2009. Estimación de carbono contenido en el bosque bajo manejo forestal del Ejido de Tlalmanalco, Estado de México. Tesis. Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. Ingeniero en Restauración Forestal. Departamento de Suelos. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Chapingo. 103 pp.
- GARCÍA-OLIVA, F., HERNÁNDEZ, G., GALLARDO, L.J.F. 2006. Comparison of ecosystem C pools in three forests in Spain and Latin America. Ann. For. Sci. 63: 519–523.
- GHAZOUL, J., EVANS, J. 2004. Sustainable forest Management: Causes of deforestation and forest fragmentation. Vol.4. Elsevier. Academic Press. 1367-1375.
- GEREZ, F., 1982. Historia del uso del suelo en la zona Semiárida Poblano-Veracruzana. Tesis Prof. Ciencias UNAM, México D.F. 68 pp.
- GEREZ, F. 1983. Crónica del uso de los recursos naturales en la cuenca Perote-Libres. En: Golberg, D. (Comp.). El Cofre de Perote. Investigaciones ecológicas en un área conflictiva. Cuadernos de divulgación 9. Instituto de Investigaciones sobre recursos bióticos. Xalapa, Ver. pp. 11-16.
- GOBIERNO DEL ESTADO DE VERACRUZ, SEDARPA, UNIVERSIDAD VERACRUZANA, CONANP. 2008. Programa de conservación y manejo del Parque Nacional Cofre de Perote. Inédito. 182 pp.

- GÓMEZ-MENDOZA, L., ARRIAGA, L. 2007. Modeling the effect of climate change on the distribution of oak and pine species of Mexico. *Conservation Biology* 21: 1545-1555.
- HOUGHTON, R.A., WOODWELL, G.M. 1989. Global climate change. *Scientific Am.* 260: 36-44.
- INE. 2009. Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. México. 274 pp.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 1994. Climate Change 1994. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press, Cambridge. 205 pp.
- JARAMILLO, V.J., BOONE, K.J., RENTERÍA-RODRIGUEZ, L., CUMMINS, D.L., ELLINGSON, L.J. 2003. Biomass, carbon and nitrogen pool in Mexican tropical dry landscapes. *Ecosystems* 6: 609-629.
- JARDEL, E.J. 1986. Efecto de la explotación forestal en la estructura y regeneración del bosque de coníferas de la vertiente oriental del Cofre de Perote, Veracruz, México. *Biotica* 11(4): 247-270.
- JOERGENSEN, R.G. 1996. The fumigation-extraction method to estimate soil microbial biomass: calibration of the K_{EC} value. *Soil Biol Biochem* 28: 33-37.
- LAL, R. 2002. The potential of soils of the tropics to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect. *Adv Agron* 76: 1-30.
- LAL, R. 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma* 123: 1-22.
- LARA-GONZÁLEZ, R., SÁNCHEZ-VELÁSQUEZ, L.R., CORRAL-AGUIRRE, J. 2009. Regeneration of *Abies religiosa* in canopy gaps versus understory, Cofre de Perote National Park, México. *Agrociencia* 43: 739-747.
- LIM, M.T. 1988. Studies on *Acacia mangium* in Kemasul, Malaysia. Biomass and productivity. *Journal of tropical ecology* 4: 293-302.
- McKAY, J.K., CHRISTIAN, C.E., HARRISON, S., RICE, K.J. 2005. How local is local? A review of practical and conceptual issues in the genetics of restoration. *Restor. Ecol.* 13: 432-440.
- MATTI, J.S., STEPHEN, C., WITOLD, W., JOAN, E.C., GLENN, R.I., RICHARD, A.E. 2010. Understanding the evolution of native pinewoods in Scotland will benefit their future management and conservation. *Forestry* 83(5): 535-545.
- MONTAÑO, N.M., GARCÍA-OLIVA F., JARAMILLO, V.J. 2007. Dissolved organic carbon affects soil microbial activity and nitrogen dynamics in a Mexican tropical deciduous forest. *Plant and soil* 295: 265-277.

- MUSSELMAN, R.C., FOX, D.G. 1991. A review of the role of temperate forest in the global CO₂ balance: J. Air Waste Manage. Assoc. 41: 798-807.
- OCHOA, S., GONZÁLEZ, M. 2000. Land-use and deforestation in the highlands of Chiapas. Appl. Geogr. 20: 17-42.
- ORDÓÑEZ DÍAZ, J.A.B., DE JONG, B.H.J., MASERA, O.R., 2001. Almacenamiento de carbono en un bosque de *Pinus pseudostrobus* en Nuevo San Juan Michoacán. Madera y Bosques 7(2): 27-47.
- PAUL, E.A., CLARK, F.E. 1996. Soil microbiology and biochemistry. 2nd Ed. Academic Press, Inc., New York. 532 pp.
- PONETTE-GONZÁLEZ, A.G., WEATHERS, K.C., CURRAN, L.M. 2010. Tropical land-cover change alters biogeochemical inputs to ecosystems in a Mexican montane landscape. Ecological Applications 20: 1820-1837.
- PERRONI, Y., MONTAÑA, C., GARCÍA-OLIVA, F. 2010. Carbon-nitrogen interactions in fertility island soil in a tropical semi-arid ecosystem. Functional Ecology 24: 233-242.
- RAICH, J.W., SCHLESINGER, W.H. 1992. The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. Tellus 44: 81-99.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2007. R. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, URL <http://www.R-project.org>
- RICE, W.R. 1989. Analyzing tables of statistical tests. Evolution 43: 223-225.
- ROJAS-GARCÍA, F., VILLERS-RUIZ, L. 2008. Estimación de la biomasa forestal del Parque Nacional Malinche: Tlaxcala-Puebla. Rev. Ciencia Forestal de México 33(104): 59-86.
- RUSTAD, L.E., HUNTINGTON, T.G, BOONE, R.D. 2000. Controls on soil respiration: implications for climate change. Biogeochemistry 48:1-6.
- RYAN, M.G., HARMON, M.E., BIRDSEY, R.A., GIARDINA, C.P., HEATH, L.S., HOUGHTON, R.A., JACKSON, R.B., MCKINLEY, D.C., MORRISON, J.F., MURRAY, B.C., PATAKI, D.E., SKOG, K.E. 2010. A synthesis of the science on forests and carbon for U.S. forests. Issues in ecology 13, 16 pp.
- RZEDOWSKI, J. 1981. Vegetación de México. Editorial, Limusa, México D.F., 433 pp.
- SÁNCHEZ-VELÁSQUEZ, L.R., PINEDA-LÓPEZ, M.R., HERNÁNDEZ MARTÍNEZ, A., 1991. Distribución y estructura de la población de *Abies religiosa* (H.B.K) Schl. et Cham. en el Cofre de Perote, Edo. de Veracruz, México. Acta botánica mexicana 16: 45-55.
- SAS. 2003. SAS/STAT user's guide, release 8.0 edition. SAS Institute, Cary.

- SCHLESINGER, W.H. 1997. Biogeochemistry: an analysis of global change. Academic Press Inc., New York. 588. pp.
- SEDARPA, CONAFOR, 2006. Plan Sectorial Forestal de Veracruz, actualización 2006-2028. 128 pp.
- SEGURA-CASTRUITA, M.A., SÁNCHEZ-GUZMÁN, P., ORTIZ-SOLORIO, C.A., GUTIÉRREZ-CASTORENA, M.C. 2005. Carbono orgánico de los suelos de México. *Terra Latinoamericana* 23(1): 21-28.
- SHALATEK, L. 2010. Género y financiamiento para el cambio climático: doble transversalidad para un desarrollo sustentable. Programa Boell. Oficina Regional México, Centroamérica y el Caribe. 25 pp. Disponible en: http://www.boell-atinoamerica.org/downloads/Doble_transversalidad_Liane_final.pdf.
- SHEIKH, M.A., KUMAR, M., RAINER, ¿?, BUSSMANN, W. 2009. Altitudinal variation in soil organic carbon stock in coniferous subtropical and broadleaf temperate forests in Garhwal Himalaya. *Carbon Balance and Management* 4: 6. En línea: <http://www.biomedcentral.com/content/pdf/1750-0680-4-6.pdf>.
- SOSA, H. 1937. El Parque Nacional "Nahuancantepetl" o Cofre de Perote. *Bol. Departamento forestal de caza y pesca* 2(7): 202-269.
- TORRES, R.J.M., GUEVARA, S.A. 2002. El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico. INE. SEMARNAT. *Gaceta Ecológica* 63: 40-59.
- TREJO, I., MARTÍNEZ-MEYER, E., CALIXTO-PÉREZ, E., SÁNCHEZ-COLÓN, S., VÁZQUEZ DE LA TORRE, R., VILLERS-RUIZ, L. 2011. Analysis of the effects of climate change on plant communities and mammals in México. *Atmósfera* 24(1): 1-14.
- TREJO, I., DIRZO, R. 2000 Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. *Biol. Cons.* 94: 133-142.
- VITOUSEK, P. 2004. Nutrient cycling and limitation: Hawaii as a model system. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. 223 pp.
- ZAMORA, C.J.C. 2007. Estimación del contenido de carbono en biomasa aérea en el bosque de pino del ejido "La Majada" Municipio de Periban de Ramos, Michoacán. Tesis Licenciatura Ingeniero Agrónomo. Especialidad en Bosques. Facultad de Agronomía. Facultad de Agrobiología Presidente Juárez. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 48 pp.
- ZHONG-SHENG, W., HONG, L., NA, W., WEI-XIANG, X., SHU-QING, AN. 2010. A contribution of progeny cohorts to the restoration of genetic diversity in the post-harvest dragon spruce (*Picea asperata*) stands. *Forestry* 83(3): 307-314.

CAPÍTULO 4. ACCIONES DE MITIGACIÓN A NIVEL LOCAL EN EL EJIDO EL CONEJO

4.1. Resumen

Se estudiaron las actividades desarrolladas por el “Comité de Mujeres Unidas para la Conservación de los Bosques” del ejido El Conejo (Parque Nacional Cofre de Perote, Veracruz, México) relacionadas con el proceso de podas anuales para la prevención de incendios, y cuyos residuos son utilizados para la elaboración de un producto forestal no maderable (coronas navideñas) que contribuye al ingreso de las familias de las mujeres del comité, en una época crítica de ingresos familiares. Se describe el perfil socioeconómico de las integrantes del comité, la actividad de podas, la colecta de ramas y la elaboración de coronas. La superficie evaluada correspondió a 1 hectárea de bosque de *Abies religiosa*. La edad promedio de las mujeres es de 32 años, el 54% vive en unión libre, el 52% tiene entre 1 y 3 hijos y el 64% de ellas cuenta con estudios de nivel básico. La principal actividad productiva que desarrollan es la agricultura, específicamente el cultivo de papa, principal cultivo en el ejido, además de también dedicarse al cuidado de ganado de traspasio (borregos, aves y puercos). El principal producto que colectan en el bosque son los hongos comestibles. Las familias pueden estar integradas hasta por 10 miembros, que habitan casas en las que cuentan servicios como agua, luz y drenaje. Pocas mujeres utilizan gas doméstico, ya que usan principalmente leña para cocinar y calentar sus casas. En el 90% de las familias solo trabaja uno de sus miembros, principalmente en actividades del campo o como asalariados en el valle en la industria del “blok”. La actividad de elaboración de coronas en la época decembrina se ha convertido en una actividad de participación familiar desde la colecta de ramas (a la que dedican la mayor parte del tiempo) hasta la elaboración. Las ganancias que obtienen por la venta de coronas la canalizan en un 45% de los casos hacia la comida, y el 30% lo invierten en ropa. La inversión ha disminuido y las ganancias han aumentado a partir del 2009 por su participación en las podas, por las que reciben el pago de jornales. Así, las ganancias por la venta en 2010 respecto a las de 2006 aumentaron un 38%, mientras que la inversión disminuyó en un 32%. El producto elaborado por las mujeres es pionero a nivel regional y ha sido adoptado por mujeres de otra comunidad en la región, así como por comerciantes locales, quienes también han iniciado su venta en las fiestas de fin de año.

4.2. Introducción

En muchos países la creación de un Parque Nacional (PN) ha significado el desplazamiento de poblados enteros hacia otras regiones con el fin de evitar que las actividades humanas alteraran el ecosistema. Sin embargo, en el caso de México la creación de un número importante de PN coincidió con el período más activo del reparto de tierras por la Reforma Agraria en las décadas de 1920 a 1940 (Gerez, 1983, 1985; Hoffman, 1989). Estos PN se crearon en zonas donde ya se había distribuido la tierra en ejidos, colonias agrícolas o pequeñas propiedades, de tal manera que esta categoría ha estado estrechamente relacionada con la presencia de asentamientos humanos en sus territorios, y esta contradicción generó condiciones de inestabilidad y de incompatibilidad para las actividades que se estaban desarrollando en ellos.

La paradoja es que, en la realidad, la existencia de estos PN ha impactado negativamente en las condiciones de vida y las actividades productivas de sus habitantes, pues la posesión de un territorio otorgado con tales características les prohíbe desarrollar actividades relacionadas con el aprovechamiento de los recursos naturales. Como resultado de esto, los ecosistemas naturales han sido alterados en diversos grados, creando paisajes transformados por las actividades agrícolas, la ganadería libre y la extracción clandestina de madera.

En el Parque Nacional Cofre de Perote (PNCP), situado en el estado de Veracruz (México), uno de los poblados más antiguos es el ejido El Conejo, fundado como campamento de un aserradero en 1890 y reconocido como ejido el 2 de abril de 1934. El territorio completo del ejido, que tiene una superficie de 768 ha, se encuentra dentro del PNCP (ver Figura 1.6 en el apartado 1.2.9.1.), siendo además uno de los ejidos con mayor población en la zona (996 habitantes) según el censo de 2005 (INEGI, 2006). La mayor parte de la población se dedica principalmente a las actividades del sector primario, ocupando las actividades agrícolas el primer lugar, el segundo las pecuarias y, por último, las actividades forestales. El aprovechamiento forestal más común es la extracción de leña para consumo de las familias de la comunidad, siguiendo la extracción de postes o polines y tablas para la construcción de viviendas (Solís, 2010).

Los pobladores del ejido han guardado una vinculación estrecha con el bosque, utilizando su suelo para actividades agrícolas y, paradójicamente, no

para un manejo sustentable de sus bosques, aunque han utilizado recursos forestales de manera no regulada. Sin embargo, el uso y la percepción sobre los recursos que ofrece el bosque no es la misma para todos los sectores de una sociedad, pues se ha demostrado, por ejemplo, que existen diferencias en las percepciones entre hombres y mujeres (Fortmann y Rochelau, 1985; Boster, 1985; Begossi *et al.*, 2002; Camou-Guerrero *et al.*, 2008).

Considerar esta premisa es relevante desde la perspectiva de la gestión de los recursos naturales, y por lo tanto integrar la visión y prioridades de las mujeres en dichos procesos es necesaria, ya que generalmente sus opiniones y necesidades son olvidadas tanto en la toma de decisiones sobre el manejo de sus bosques como en la distribución de los beneficios provenientes de los mismos (Skutsch, 1986; Siddiqi, 1989; Zorlu y Luttrell, 2006).

En México, debido a la amplia biodiversidad y diversidad cultural que existe, y que autores como Boege (2008) han llamado *biocultura*, los Recursos Forestales No Maderables (RFNM) han representado una fuente inagotable de insumos para las comunidades rurales y/o indígenas (alimentos, salud, combustibles, forrajes e implementos domésticos, entre otros), por lo que los bosques representan un vasto ejemplo de ello que ha sido ampliamente estudiado (Alcorn, 1984; Zizumbo Villarreal y Colunga-Garciamarín, 1993; Casas *et al.*, 1994, 2001; Benz *et al.*, 1994; Toledo *et al.*, 2003; Farfán *et al.*, 2007; Camou-Guerrero, 2008; Sánchez-Velásquez *et al.*, 2002, 2009). También existen muchos ejemplos que demuestran que los bosques han contribuido a mejorar los ingresos monetarios de las familias rurales o indígenas a través de la comercialización de productos (Reyes-García *et al.*, 2004; Smith, 2005; Farfán *et al.*, 2007; Pérez-Negrón y Casas, 2007).

Es en este último sentido en el que se estudió la actividad desarrollada por un grupo de mujeres en el ejido de El Conejo, ubicado en el Parque Nacional Cofre de Perote, que utilizan ramas de *Abies religiosa* para la elaboración de coronas navideñas como una estrategia para obtener ingresos monetarios en beneficio de sus familias. Estos ingresos ayudan a la diversificación de la producción y del ingreso en diferentes épocas del año.

En el 2006 se integró un grupo de 30 mujeres, y en tres años aumentó la participación de las mujeres a 60. En el año 2009 adquirió identidad como “Comité de Mujeres Unidas para la Conservación de los Bosques de la comunidad El Conejo, Perote”. Así se inició su vínculo formal con la actividad forestal no maderable, lo que las llevó a involucrarse en acciones de conservación del bosque *in situ* (podas) con el apoyo de su asamblea ejidal,

algo poco común en el panorama forestal nacional, siendo esta actividad reconocida por la Comisión Nacional de Áreas Natural Protegidas (CONANP) como una actividad de manejo sustentable de sus bosques (Pineda-López *et al.*, 2009).

De esta manera, las podas tienen tres funciones:

- 1) La diversificación y el incremento del ingreso familiar por la generación de autoempleo.
- 2) La conservación, al prevenir incendios forestales.
- 3) Representan una estrategia social de género compatible con la conservación del bosque de *Abies religiosa* del ejido, que además ofrece una alternativa económica para las mujeres a través del uso de los residuos producto de la poda para la producción de un producto forestal no maderable (PFNM), como son las coronas navideñas.

Este proyecto, por tanto, cumple con las premisas del desarrollo sustentable: socialmente justo, ecológicamente adecuado y económicamente viable.

4.2.1. Objetivos

- 1) Describir el proceso de podas anuales para la prevención de incendios en zonas de alto riesgo identificadas a partir del Plan de Manejo del Parque Nacional Cofre de Perote (PNCP).
- 2) Promover el uso de los residuos de la poda (ramas) para la elaboración de un producto forestal no maderable (PFNM) que contribuya al ingreso económico a través de la comercialización a pequeña escala.
- 3) Realizar un diagnóstico participativo sobre la estructura del grupo de mujeres y la dinámica económica para la realización de las coronas navideñas.

4.3. Material y métodos

4.3.1. Colecta de ramas

La colecta de ramas para la elaboración de las coronas, durante el período de 2006-2007, se realizó en sitios cercanos del poblado elegidos de manera conjunta con las autoridades ejidales. En 2009, con el reconocimiento como comité por parte de la CONANP, se inició un proceso de colecta de

ramas vinculada con podas de conservación para prevenir incendios en 12 ha anuales, distribuidas en 9 ha en el mes de junio y 3 ha en el mes de diciembre. La elección de las zonas para llevar a cabo las podas se realizó de manera conjunta con el Comité de Vigilancia del Ejido¹⁵, el Comisariado Ejidal y las representantes del “Comité de Mujeres Unidas para la Conservación de los Bosques” del ejido El Conejo. El primer paso fue la capacitación, para lo cual se buscó la asesoría de un experto en podas. Esta capacitación se realizó en los bosques del ejido y con la asistencia de un 90% de las mujeres integrantes del comité.

El contingente de mujeres anualmente es dividido en tres equipos de 20 integrantes, y cada equipo se hace cargo de podar cuatro hectáreas durante la operación del proyecto, repartidos en cuatro días de trabajo para cubrir un total de 12 ha. Como instrumento de poda utilizan un machete para la corta de ramas, que alcanzan una altura de 1,50 m. Para el estudio incluido en esta tesis la unidad de superficie a podar fue de 1 ha y se delimitó mediante un transecto de 1.000x10 m a lo largo del borde del fragmento de bosque seleccionado.

Para la delimitación con precisión de las zonas a podar se utilizaron las fotografías aéreas de INEGI E14B26E3 y E14B26E4 a escala 1:40.000.

En términos de la organización para el trabajo, en la misma jornada todas las mujeres participan de manera alternada en las actividades. Al estar organizadas en tres grupos de trabajo, la planeación del trabajo se lleva a cabo asignando áreas específicas de poda para cada grupo, así como la división del trabajo: la poda, el arrime y el acomodo de ramas fuera del bosque para evitar acumulación de material peligroso para incendios (parte de este material se utiliza como leña en las familias que participan en este grupo).

Un aspecto importante de esta actividad es el hecho de que desde el año 2009 hasta la fecha (2011) ha sido financiada por la CONANP, pagando a

¹⁵ El ejido constituye una forma de tenencia de la tierra para México. Con la reforma al artículo 27 Constitucional y la promulgación de la nueva Ley Agraria, los ejidos y comunidades son los propietarios de sus tierras. El ejido lo constituyen tres órganos: la Asamblea Ejidal, el Comisariado Ejidal y el Consejo de Vigilancia. La Asamblea representa la máxima autoridad, en la que participan todos los ejidatarios. El Comisariado Ejidal es un órgano ejecutivo que representa al ejido, y que está conformado por un Presidente, un Secretario y un Tesorero (con un suplente cada uno). Finalmente, el Consejo de Vigilancia es un cuerpo auditor que examina las actuaciones del Comisariado y que vigila el cumplimiento tanto de las leyes agrarias como de las internas establecidas por el propio ejido.

las mujeres un salario en base a los “jornales”¹⁶ que llevaron a cabo cada año como parte del programa de prevención de incendios forestales en la región.

Respecto al uso de las ramas para la elaboración del PFNM “coronas navideñas”, se ha llevado a cabo desde el año 2006, a excepción del año 2008 en el que no se realizó debido a los cambios en la administración encargada del Parque Nacional, que estuvo bajo la responsabilidad a nivel estatal y fue ese año cuando por primera vez se nombró un Director del Parque por parte del gobierno federal a través de la CONANP.

La corona navideña es elaborada a partir de la poda que las mujeres realizan en el mes de diciembre. Para ello se usó como prototipo o modelo una corona elaborada de material artificial, que sirvió como guía para que las mujeres adoptaran el diseño y, a partir de los materiales con los que contaban de la poda, construyeran su propia corona.

4.3.2. Capacitación

Como parte de la experiencia de trabajo con las mujeres desde 2006, se identificó la necesidad de que fueran capacitadas en dos sentidos: por un lado en términos de fortalecimiento de su organización, y por otro lado en términos de mejorar la calidad del producto elaborado. Para cumplir con ello, en 2010 las mujeres recibieron un taller de capacitación, que se llevó a cabo del 20 de junio al 15 de agosto en sesiones de una vez por semana de máximo 4 horas. Los objetivos planeados fueron: a) Elaborar un diagnóstico interno participativo del grupo; b) Establecer estrategias de desarrollo (técnicas, comerciales y organizativas); y c) Desarrollar la misión y visión del grupo a partir de un ejercicio de identificación de fortalezas y oportunidades del mismo.

4.3.3. Perfil socioeconómico del Comité de Mujeres unidas para la conservación de los bosques del ejido El Conejo, Mpio. de Perote

En 2009 se aplicaron encuestas a la totalidad de las mujeres integrantes del comité con la finalidad de definir el perfil socioeconómico de las participantes, así como de las actividades que desarrollan alrededor de la elaboración de coronas (ver encuesta en el Anexo 1).

¹⁶ El “jornal” es la remuneración económica que se paga a los campesinos por una tarea realizada en una jornada de 8 horas, que depende de la región. El jornal considerado en 2009 fue de \$120,00 pesos mexicanos por día, y en 2010 fue de \$130,00.

4.3.4. Tiempos invertidos en la colecta y elaboración de coronas

La actividad de elaboración de coronas consta de dos etapas: una es el trabajo en campo y la otra la actividad de elaboración de la corona. Los tiempos invertidos en las actividades necesarias para la producción de coronas se estimaron a partir de una muestra de 18 mujeres. Esto implicó la estimación de tiempos desde la salida de su casa hacia el paraje en donde colectaron las ramas, la corta de las ramas, el regreso a su casa, la elaboración del aro que sostendrá las ramas de toda la corona, la colocación de ramas, la colocación de conos y flores, el empacado en bolsa plástica y el etiquetado.

4.4. Resultados

4.4.1. Podas y bosques

En la Figura 4.1 se presenta la ubicación geográfica de los transectos donde las mujeres llevaron a cabo las podas. Este mapa incluye las áreas de poda durante 2009 y 2010, y la superficie podada en estos años fue de 24 ha. Se puede apreciar que en tan solo dos años se han cubierto tres cuartas partes de los fragmentos de bosque existente. Dado que las enfermedades e incendios no respetan los límites, es conveniente abordarlas tanto dentro del ejido como en las zonas fuera del mismo pertenecientes al Parque Nacional Cofre de Perote (PNCP), razón por la cual se han realizado podas en una pequeña fracción fuera del polígono del ejido. Las podas serán realizadas en la periferia una vez que se concluya con todos los fragmentos del interior del ejido.

Según datos del año 2000 del Programa de Manejo del PNCP (Gobierno del Estado de Veracruz *et al.*, 2008), el bosque de *Abies religiosa* representa el segundo tipo de vegetación a nivel del PNCP, con 1.528 ha. Considerando que la superficie del polígono del ejido es de 768 ha, tan solo en este se encontraba originalmente el 50% de la totalidad del bosque de *Abies religiosa*, el cual para el año 2005 cubría una superficie de 338,48 ha (un 35,33% de la superficie del polígono), constituyendo también el segundo tipo de uso de suelo para el ejido después del uso de suelo para cultivo.

Las actividades de protección fitosanitaria y contra incendios forestales deben ser permanentes, en especial las de carácter preventivo, por lo que año con año se estarán llevando a cabo estas actuaciones de poda.

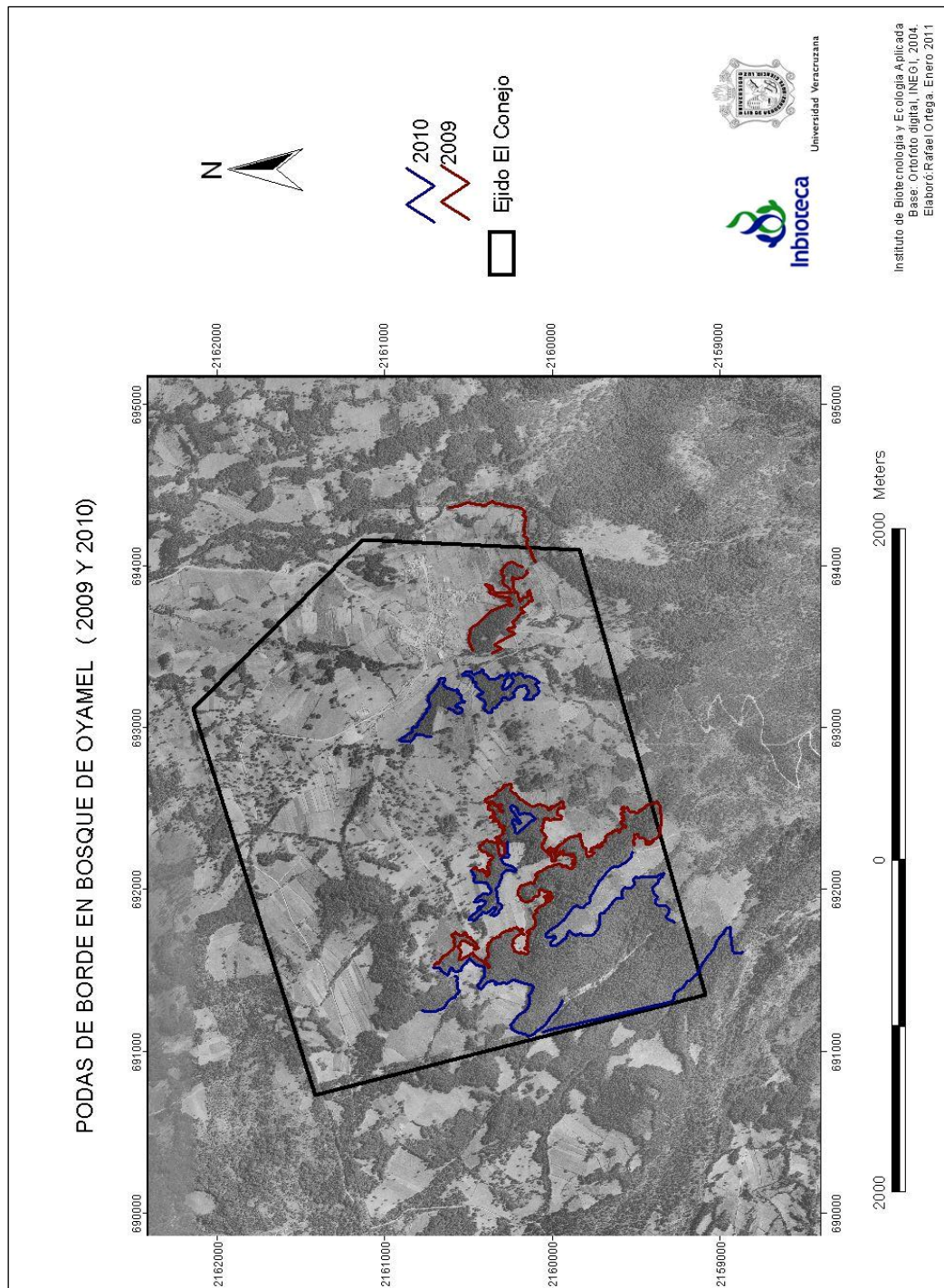


Figura 4.1. Distribución de las áreas de poda en el ejido El Conejo.

4.4.2. Perfil socioeconómico

De las encuestas realizadas se deduce que las mujeres participantes se encuentran entre los 15 a 77 años, con una edad promedio de 32 años. En términos de su estado civil, el 54% viven en unión libre con su pareja, el 29% están casadas, el 52% tienen entre 1 y 3 hijos y el 64% cuenta con estudios a nivel básico (Figura 4.2).

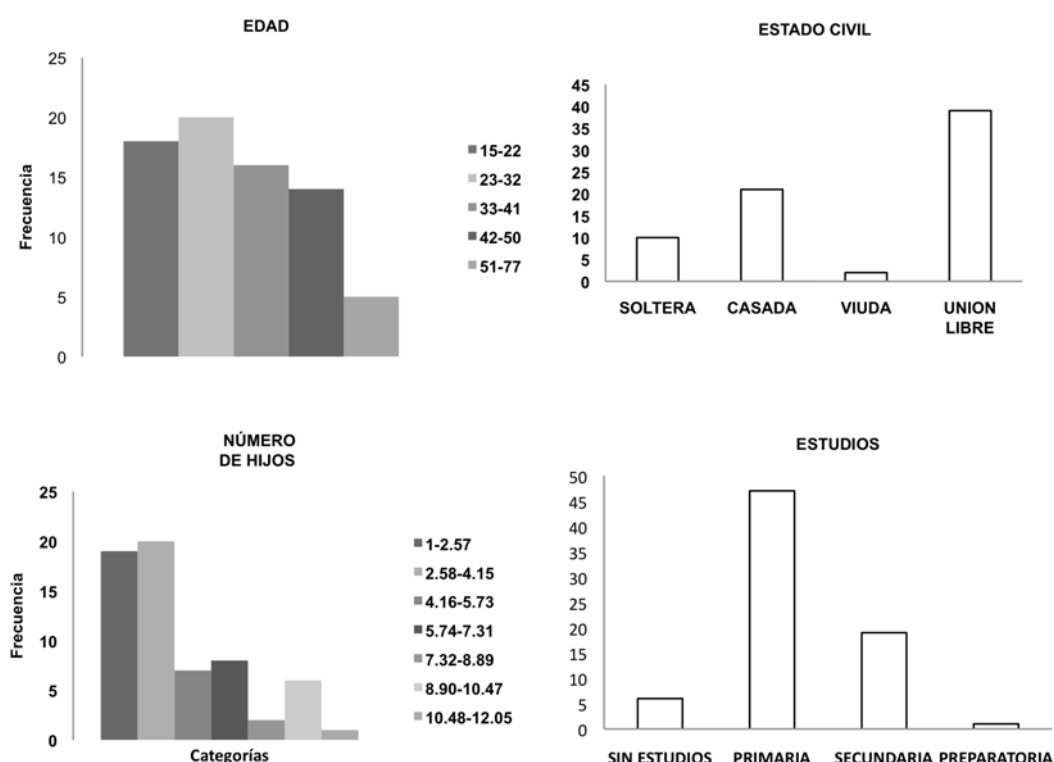


Figura 4.2. Perfil social del Comité de Mujeres Unidas para la Conservación de los bosques del Ejido El Conejo.

Las actividades productivas en las que participan las mujeres están relacionadas con la época del año, y por lo tanto los ingresos que obtienen están sujetos a una estacionalidad. Aunque el cultivo de la papa representa la actividad agrícola más importante, solo se desarrolla durante seis meses al año, el cultivo de avena y cebada durante tres meses al año, mientras que el cultivo de haba, chícharo y maíz, así como las podas de conservación, se

realizan dos veces al año. Las actividades de ganadería las desempeñan a lo largo de todo el año (Tabla 4.1).

Tabla 4.1. Temporalidad mensual de las actividades en el ejido El Conejo.

Actividad/mes del año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Papa	*							*	*	*	*	*
Borregos	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Gallinas, guajolotes, cerdos, conejos y bordados	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Avena y cebada forrajera				*					*			*
Block	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Haba, chícharo y maíz						*	*					
Bosque (poda y coronas)						*						*
Vacas y elaboración de quesos	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Su participación en la ganadería está relacionada con la engorda de borregos para su venta en pie. Este tipo de ganado data casi desde los inicios de la Colonia, pues uno de los productos de las haciendas locales era la lana (Gerez, 1982), que a la fecha casi se ha perdido como materia prima para la elaboración de prendas de vestir como suéteres, gorros, guantes o chamarras. Otro tipo de ganado son las vacas, que mantienen para la obtención de leche para autoconsumo y producción de quesos (representan además una inversión en especie, que en el momento de alguna dificultad puede ser vendida y obtener con ello dinero en efectivo). También crían cerdos, guajolotes (o pavos), gallinas y conejos. Todo esto generalmente en el espacio de traspatio de sus casas. Por otro lado, también realizan colecta de productos forestales no maderables en el bosque, como hongos, plantas medicinales y plantas alimenticias (Figura 4.3).

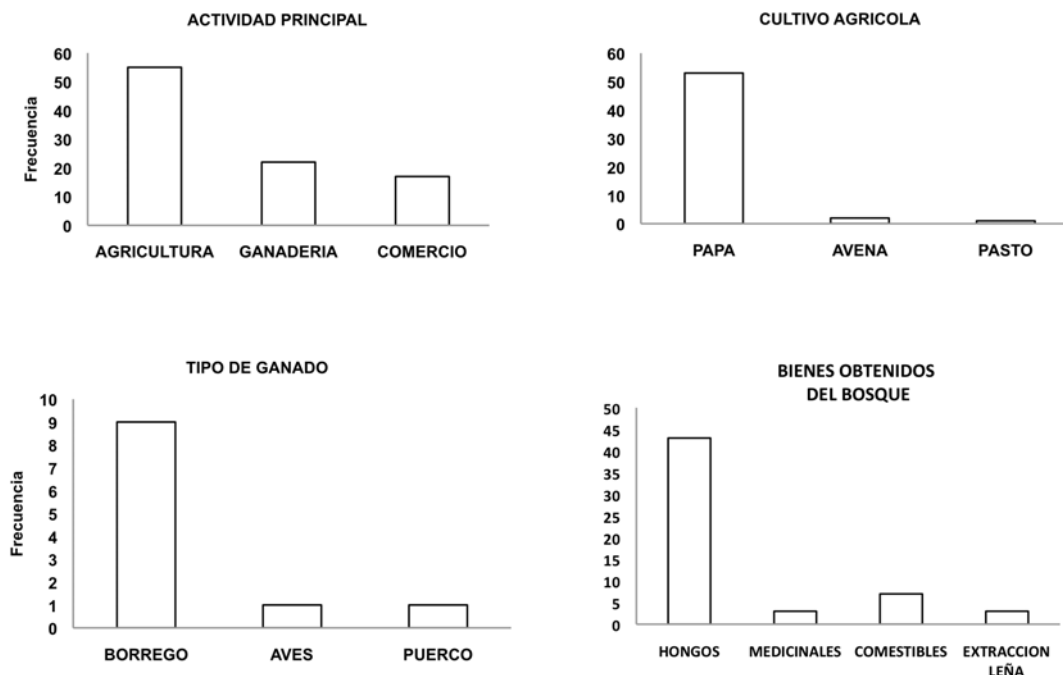


Figura 4.3. Actividades productivas desempeñadas por las mujeres del ejido El Conejo.

La familia en el ejido está compuesta por los padres e hijos, y en muchas ocasiones también habitan con ellos familiares como abuelos, o cuando los hijos se casan pueden también convivir con la familia. En este sentido, pueden llegar a ser 10 personas compartiendo un mismo espacio habitacional. Los servicios con los que cuentan son principalmente agua, luz y drenaje. Pocas de ellas utilizan gas doméstico (Gas LP-Licuada a presión), ya que para la elaboración de alimentos y calentar sus casas utilizan habitualmente estufas de leña. El empleo en el ejido es escaso, en el 90% de los casos solo trabaja un miembro de las familias, principalmente en el campo y después, en orden de frecuencia, está el empleo en las “blokeras”¹⁷, que son fábricas localizadas en el valle (Figura 4.4).

¹⁷ La “bloquera” es una fábrica que produce bloques de cemento prefabricados, que son más grandes y menos aislantes que los ladrillos. Están hechos de una mezcla de cemento, arena y agua que es vertida en moldes metálicos y que al fraguar se desmolda, se dejan secar y son usados en la industria de la construcción cada vez más comúnmente en México.

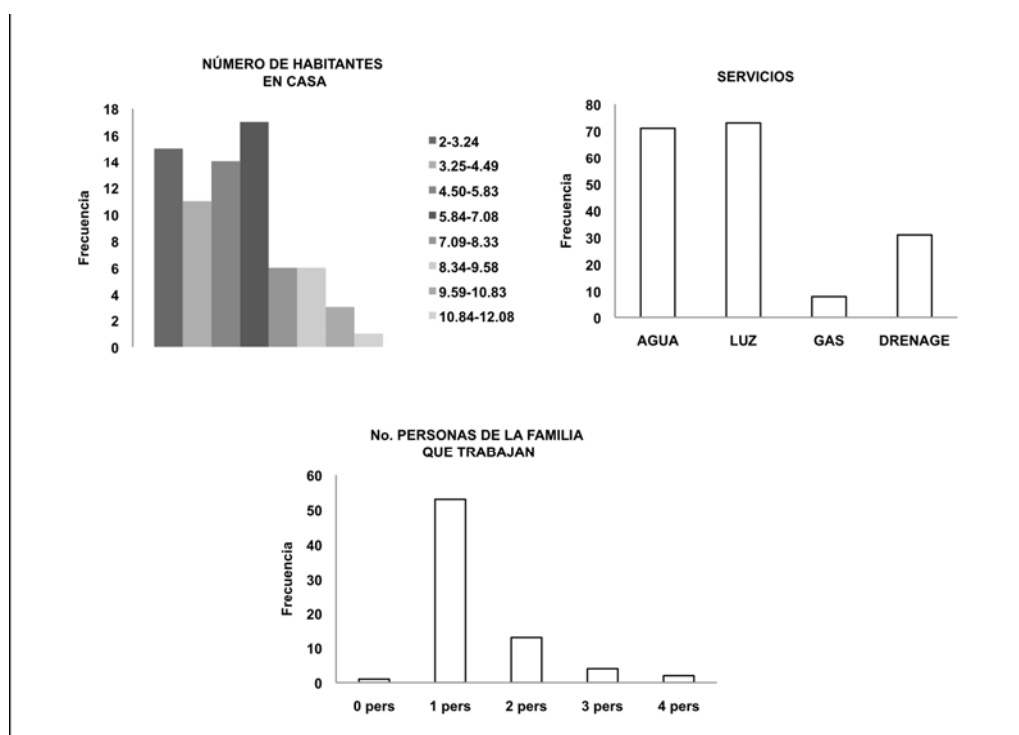


Figura 4.4. Entorno familiar en el que viven las mujeres del ejido El Conejo y sus familias.

La elaboración de coronas como actividad productiva se ha caracterizado por que ha integrado a la familia. Así, se ha comprobado que desde las acciones de colecta de ramas, elaboración de coronas y venta están participando diversos integrantes de la familia, como hijos, esposo y, en ocasiones, abuelos.

4.4.3. Tiempos invertidos en la colecta y elaboración de coronas

La actividad de campo en la que las mujeres invierten mayor tiempo es la colecta de ramas (poco más de una hora), seguida del regreso desde el paraje de la colecta a su casa (Figura 4.5). La actividad de colecta de ramas, como ya se ha dicho, se hace generalmente en grupos y con al menos dos días previos a la puesta en venta del producto. La cosecha de conos y flores se realiza a lo largo del año, cuando las mujeres realizan otras actividades como las agrícolas o la cosecha de leña.

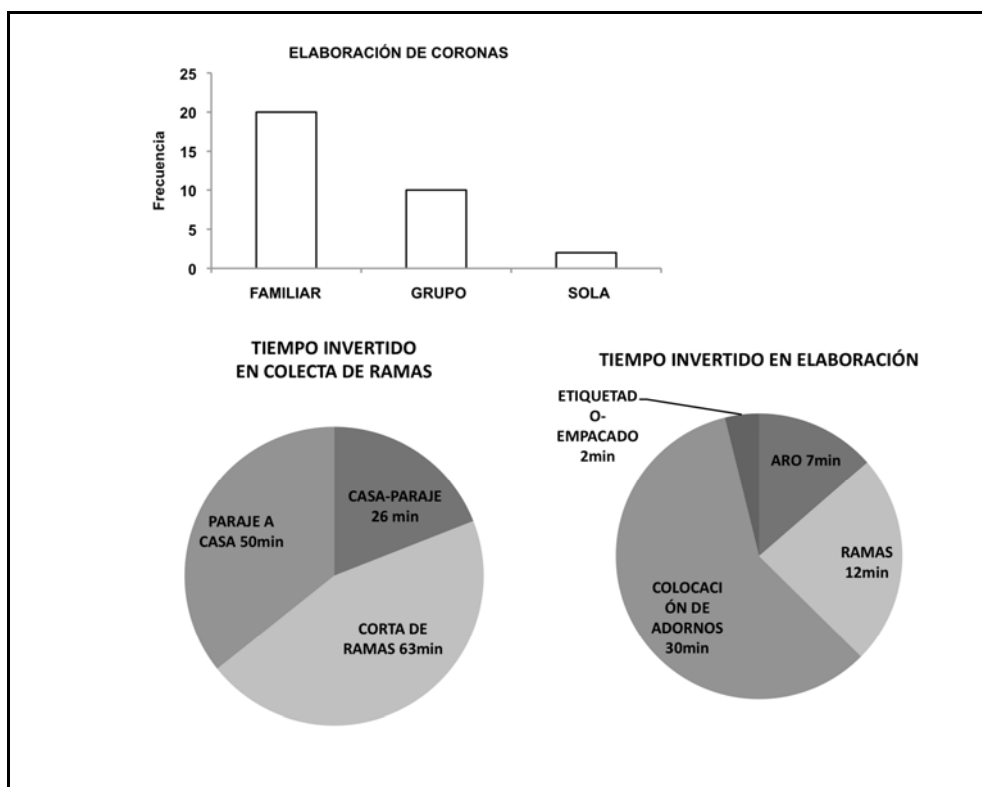


Figura 4.5. Características de la actividad de elaboración de coronas.

La elaboración del producto lo realizan en menos de una hora (51 minutos), siendo la colocación de adornos la actividad en la que invierten mayor tiempo. El transporte de los productos hacia el lugar de venta lo realizan mediante el alquiler de una camioneta de la propia comunidad, y el pago de gasolina corre a cargo de las propias mujeres, al igual que la compra de los materiales requeridos (bolsas plásticas e hilo).

4.4.4. Venta de coronas

El 45% de las mujeres canalizan sus ingresos por la venta de coronas hacia la comida, mientras que el 30% de ellas los dirigen hacia la compra de ropa (Figura 4.6).

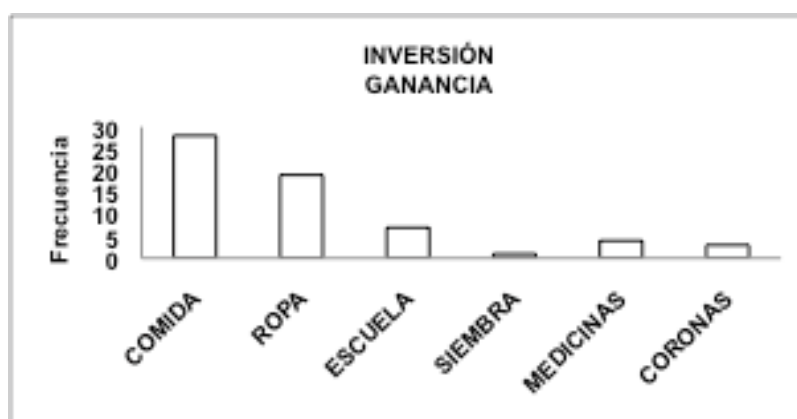


Figura 4.6. Distribución de las ganancias obtenidas de la venta de coronas navideñas.

La participación de mujeres en la elaboración y venta de coronas se ha ido incrementando cada año. En términos de inversión, desde la perspectiva de costos, es una actividad altamente remunerativa, ya que por ejemplo para los dos primeros años cuando no se realizaban las podas y no obtenían un apoyo económico de CONANP (vía proyecto PROCODES/2009 y 2010), la ganancia obtenida por cada mujer fue de \$376,25 pesos mexicanos¹⁸, después de haber invertido \$123,75 pesos y haber hecho una venta de \$500,00 pesos en 2006 y 2007 (Tabla 4.2).

Tabla 4.2. Comparativo anual de inversión y ganancias en la actividad de venta de coronas (en pesos mexicanos).

Relación inversión/ganancia	2006*	2007*	2009*	2010**
Inversión	123,75	123,75	88,75	83,20
Venta	500,00	500,00	500,00	700,00
Ganancia	376,25	376,25	411,25	611,25
* Cada mujer elaboró en este año 5 coronas				
** Cada mujer elaboró 8 coronas				
*** El monto considerado del jornal para cada año fue de \$120,00 (2006, 2007, 2009) y de \$130,00 (2010)				

La ganancia aumentó cada año y para 2010 la ganancia fue del 38% respecto a 2006, debido a que por la obtención del apoyo de la CONANP para la realización de podas las mujeres recibieron un pago/jornal por esa actividad,

¹⁸ Cotización euro-peso mexicano = 16,79 pesos por euro, al 5 de julio de 2011.

de la cual en la época de diciembre obtendrían las ramas que utilizarían para la elaboración de coronas (Tabla 4.3).

Tabla 4.3. Comparativo anual respecto a la participación, ventas y ganancias por las coronas.

Año	Nº de mujeres participantes	Producción de coronas	Monto de la venta (pesos mexicanos)
2006	38	190	\$19.000,00
2007	48	240	\$24.000,00
2009	60	300	\$30.000,00
2010	60	450	\$42.000,00

4.5. Discusión

En México el esquema de Parques Nacionales fue una especie de híbrido, pues por un lado se establecieron zonas en territorios ocupados por comunidades, muchas de las cuales no fueron desplazadas, pero tampoco fueron consideradas en la conceptualización de los parques y/o ni en la operación de los mismos (SEMARNAP, 1996). Aunado a este grave error, la administración de los Parques estuvo intermitentemente pasando de un sector del gobierno federal y/o estatal a otro, al grado de contar con dos categorías de parques y estar, por esta razón, bajo la administración de dos sectores, separando así dos elementos básicos del concepto de Parque Nacional: la conservación y la recreación.

El siguiente enunciado resume en pocas palabras la situación de la etapa moderna de los Parque Nacionales en México: “....la ubicación administrativa errante, confusa y de bajo nivel jerárquico evitó compromisos institucionales claros de largo plazo, y diluyó la responsabilidad de su financiamiento y manejo apropiado” (SEMARNAP, 1996).

Por otra parte, un elemento central de los procesos de participación en las Áreas Naturales Protegidas (ANP) son los mecanismos de toma de decisiones sobre la conservación, uso, manejo y control de los recursos naturales, por lo que no es suficiente estar integrado en procesos colectivos, sino ser sujetos que tomen decisiones y que tengan la posibilidad de transformar los hechos concretos (Aguilar *et al.*, 2002).

Con la creación del Parque Nacional Cofre de Perote (PNCP) en el Estado de Veracruz (México) se impulsó la prohibición de la corta de madera

con fines comerciales, por lo que los habitantes se dedicaron durante un tiempo a la agricultura y ganadería. Las actividades que las mujeres del ejido El Conejo desarrollan, además de las correspondientes a las domésticas, son principalmente las relacionadas con el ramo agropecuario, tales como las actividades agrícolas, y muy especialmente el cultivo de papa. Este cultivo fue una de las actividades más productivas del ejido, debido a que el clima y los suelos son favorables para su siembra. Hacia la década de 1960 se promovió ampliamente la expansión del cultivo de papa, a través de créditos rurales y del vínculo con mercados nacionales, en los que la papa del Cofre era reconocida por su buena calidad (Gobierno del Estado de Veracruz, 2008).

La actividad de elaboración y venta de coronas de las mujeres del ejido representa una opción concreta que permite construir, a nivel familiar, una cultura de conservación del bosque a partir del aprovechamiento de ciertos productos naturales que éste les ofrece, ya que son subproductos de una actividad ligada a la conservación del bosque. La venta de las coronas permite generar ingresos económicos para estas familias en una época crítica del año (diciembre), que además se ha convertido en una actividad comercial pionera en la región aunque por ahora a baja escala, creando en este entorno un nuevo Producto Forestal No Maderable (PFNM) que, como se ha señalado, está íntimamente ligado con comunidades marginadas de escasos recursos económicos (De la Peña, 2001), como lo es el caso del ejido El Conejo.

En el año 2000, el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) estableció que mejorando el papel y capacidades de las mujeres se tendrá efectos positivos en la resolución de problemas ambientales. Varios son los proyectos relacionados con la gestión de los recursos naturales en los que las mujeres participan, en países como Honduras, Panamá, Perú, Mozambique, Uganda o Nepal (FMAM, 2000).

Para México existe una amplia experiencia en torno a la elaboración de objetos de carácter doméstico o implementos agrícolas (petates, escobas, cestos, canastas, sogas, juguetes, cercos, corrales, techos y, en general, el mobiliario de la casa, los utensilios de cocina y los aperos de labranza) a partir de productos del bosque, que pueden encontrarse en muchos estados del país: Chihuahua, Durango, Nayarit, Hidalgo, Puebla, Guerrero, Oaxaca, Chiapas y Quintana Roo. Sin embargo, si bien se ha encontrado que las mujeres interactúan con el bosque a través de la recolección, transformación, administración, consumo y eventual venta de productos maderables, poco se sabe de proyectos productivos comerciales que se basen en la transformación de los recursos forestales no maderables (Paz *et al.*, 1995).

La importancia de las coronas navideñas desde la perspectiva de los RFNM es alta, pues en México se estima que existen poco más de 1.000 tipos de RFNM (aunque solo se reconocen 70 tipos por ser productos declarados y sujetos a control oficial), la gran mayoría de los cuales se comercializa sin un control oficial o bien son utilizados para autoconsumo (SEMARNAT, 2009), además de que provienen de especies que se encuentran de manera silvestre (De la Peña, 2001). Dicha actividad representa en sí misma una oportunidad de participación para las mujeres, en un sector generalmente creado y desarrollado para los hombres, lo cual, además de fomentar capacidades creativas, está permitiendo una dinámica importante a lo interno de la comunidad respecto a la autoestima, equidad y obtención de un beneficio directo a las familias a partir del trabajo de las mujeres.

Por otro lado, está abriendo la oportunidad para que a través de este grupo pueda ampliarse el abanico de acciones de conservación en beneficio del bosque de *Abies religiosa*, ya que al adquirir confianza en sí mismas, las mujeres pueden participar en otros proyectos relacionados con la conservación y/o manejo de su bosque. Esta actividad, entonces, está creando un nuevo paradigma en la conservación en términos de la participación de las mujeres y de su interacción con el recurso bosque. Sin embargo, es claro que las condiciones restrictivas que impone un Parque Nacional se contraponen con las necesidades locales del ejido, y entre ellas una de las más importantes es el empleo.

Las mujeres han asumido el control desde el inicio del proyecto, si bien han tenido un acompañamiento, en particular en este caso, de la Universidad Veracruzana a través del Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (INBIOTECA) para realizar gestiones ante instituciones gubernamentales (CONANP, SEMARNAT, gobierno del Estado). Ellas se involucran en todo el proceso de gestión a través de sus representantes, que son elegidas de manera libre, y quienes les informan en reuniones *ad hoc* sobre los trámites a realizar.

El actual Programa de Manejo del Parque Nacional Cofre de Perote (PNCP) reconoce la existencia de pueblos establecidos antes del parque, pero sin embargo no existe un programa o subprograma que señale el papel que van a tener estos pueblos en torno a la conservación del mismo. El ejido El Conejo se encuentra ubicado en tres zonas de manejo dentro del PNCP según una reciente zonificación (conservación, reforestación y agrosilvopastoral), pero el programa de manejo no es claro en términos de ubicar espacialmente las zonas núcleo, de amortiguamiento y de influencia, ni de definir cómo las zonas

de conservación, reforestación, silvopastoral, etc. se integran, y tampoco que tipo de actividades los ejidatarios pueden desarrollar en ellas (donde, como llevarlas a cabo, que procesos administrativos contemplan, a que instancias se debe recurrir, etc.) .

Por otro lado, el plan de manejo tampoco integró en sus programas o subprogramas la experiencia de este grupo de mujeres, quienes además señalaron desconocer dicho documento, pero al mismo tiempo manifestaron su interés por conocerlo. La reglamentación del PNCP, por lo tanto, constituye una "camisa de fuerza" que trae como consecuencia que en la zona existan las actividades de "extracción hormiga", "ocoteo" de árboles, desperdicio de madera, etc., que están impactando la calidad de los bosques. Es en este sentido que es necesario una revisión de la reglamentación de lo que la figura jurídica de Parque Nacional considera.

La actividad productiva muestra que el uso forestal no maderable que las mujeres del ejido El Conejo desarrollan constituye una actividad altamente redituable en términos económicos, comparándola con las actividades agrícolas. Sin embargo, la importancia más relevante de sus acciones debe verse desde la perspectiva de la conservación de los recursos forestales del ejido, y de su contribución a la mitigación del cambio climático en términos de desarrollar acciones de conservación y mantenimiento del ecosistema forestal en el que viven.

Así, considerando la prerrogativa de que el estar en un Parque Nacional les impide "hacer uso de cualquier recurso", de esta manera se impulsa una actividad de cuidado de los fragmentos de estos bosques para promover la regeneración natural. En este sentido, las podas de los árboles forestales ayudan a prevenir incendios de copa y permiten abrir espacios en el sotobosque donde se puede desarrollar el renuevo natural.

Si bien se ha demostrado que no existe una diferencia significativa entre las condiciones de los bosques situados en un Área Natural Protegida (ANP) y aquellos regulados por reglas definidas por las propias comunidades (Hayes, 2006), esto no se cumple cuando dichos bosques se encuentran dentro un territorio de Parque Nacional, en los que, de acuerdo al artículo 27 de la Constitución de México y la Ley Agraria, las tierras de los ejidos tienen carácter colectivo y no se autoriza ni dividirlos para venderlos, ni transformarlos en cultivos o pastizales ganaderos (Gerez y Purata, 2008).

Las familias que estas mujeres integran, en las que el núcleo familiar en muchos casos no solo está compuesto por padres e hijos, se están

involucrando en acciones de conservación del bosque de manera directa a través de este tipo de proyectos, recibiendo así mismo los beneficios de sus acciones. La actividad presenta algunas características que no solo desde la perspectiva de equidad refleja su importancia, sino desde la perspectiva de un manejo sustentable, algunas son:

1. Incrementa los ingresos de las mujeres.
2. Es rentable, pues las mujeres tienen los recursos a la mano y los que no poseen tienen la confianza de invertir para obtenerlos porque saben que podrán recuperar el recurso invertido.
3. La actividad es técnicamente factible desarrollarla, las mujeres tienen la iniciativa para emprender nuevas actividades relacionadas con el uso de los recursos del bosque y cuentan con la actitud y capacidad para llevarla a cabo.
4. Existe una valoración de saberes al integrar el conocimiento de especies locales en la actividad de elaboración de coronas.
5. Promueve la participación de otros sectores del ejido (niños, adultos mayores, hombres).

4.6. Bibliografía

AGENDA 21. 1992. Disponible en (abril 2006):

<http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/spanish/agenda21sptoc.htm>

AGUILAR, L., CASTAÑEDA, I., SALAZAR., H. 2002. En búsqueda del género perdido. Equidad en áreas protegidas. UICN, Editorial Absoluto. 219 pp.

ALCORN, J. 1984. Huastec mayan ethnobotany. University of Texas Press, Austin, USA. 982 pp.

BEGOSSI, A., HANAZAKI, N., TAMASHIRO, J.Y. 2002. Medicinal plants in the atlantic Forest (Brazil): Knowledge, use and conservation. Human Ecology 30: 3:281-299.

BENZ, B.F., SANTANA, F., PINEDA, R., CEVALLOS, J., ROBLES, L., DE NIZ, D. 1994. Characterization of Mestizo Plant use in the Sierra de Manantlán, Jalisco-Colima, México. Journal of Ethnobiology 14: 123-141.

BOEGE, E. 2008. El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México: hacia la conservación *in situ* de la biodiversidad y agrobiodiversidad en los territorios indígenas. Instituto Nacional de Antropología e Historia

- (INAH). Comisión nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. 1ª Ed. México. 342 pp.
- BOSTER, J.S. 1985. "Requiem for the Omniscient Informant". There is life in the old girl yet. En: Dougherty, J.W.D. (Ed.). Directions in cognitive anthropology. University of Illinois Press, Urbana, USA. 177–197.
- CAMOU-GUERRERO, A., REYES-GARCÍA, V., MARTÍNEZ-RAMOS, M., CASAS, A. 2008. Knowledge and use value of plant species in a Rarámuri community: A gender perspective for conservation. Hum. Ecol. 36: 259-272.
- CASAS, A., VALIENTE-BANUET, A., VIVEROS, J.L., CABALLERO, J., CORTÉS, L., DÁVILA, P., LIRA, R., RODRÍGUEZ, I. 2001. Plant resources of the Tehuacán–Cuicatlán Valley. Economic Botany 55:129-166.
- CASAS, A., VIVEROS, J.L., CABALLERO, J. 1994. Etnobotánica Mixteca: Sociedad, cultura y recursos naturales en la Montaña de Guerrero. INI/Conaculta. México. 230 pp.
- DE LA PEÑA, V.G. 2001. Hacia una política del desarrollo rural integral y ambientalmente equilibrada. El caso de los productos forestales no maderables: sobre-regulación y vacíos jurídicos. En: Memorias del Foro Nacional: Nuevas visiones y estrategias del desarrollo rural. México Siglo XXI, convocado por la Comisión de Desarrollo Rural de la LVIII Legislatura, de la Cámara de Diputados. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/comisiones/desarura/pagina_nueva_17.htm
- FARFÁN, B., CASAS, A., IBARRA, G. 2007. Plant resources in the Monarch Butterfly Biosphere Reserve, México: Mazahua ethno- botany and peasant subsistence. Economic Botany 61 (2):173-191.
- FMAM, 2000. Fondo para el Medio Ambiente Mundial. Contribuciones del FMAM al Programa 21. 58 pp.
- FORTMANN, L., ROCHELEAU, D. 1985. Women and agroforestry: Four myths and a case study. Agroforestry Systems 2: 253-272.
- GEREZ, F. 1982. Historia del uso del suelo en la zona semiárida Poblano-Veracruzana. Tesis profesional. Ciencias UNAM. México, D.F. 68 pp.
- GEREZ, F. 1983. Crónica del uso de los recursos naturales en la cuenca Perote-Libres. En: Golberg, D. (Comp.). El Cofre de Perote. Investigaciones ecológicas en un área conflictiva. Cuadernos de divulgación 9. Instituto de Investigaciones sobre recursos bióticos. Xalapa, Ver. 11-16.

- GEREZ, F. 1985. Uso del suelo durante cuatrocientos años y cambios fisonómicos en la zona semiárida poblano-veracruzana, México. *Biótica* 10(2): 123-144.
- GEREZ, P., PURATA, E.S. 2008. Guía Práctica Forestal de Silvicultura Comunitaria. SEMARNAT/CONAFOR/CCMSS. I-IX, México. 73 pp.
- GOBIERNO DEL ESTADO DE VERACRUZ, SEDARPA, UNIVERSIDAD VERACRUZANA, CONANP. 2008. Programa de conservación y manejo del Parque Nacional Cofre de Perote. Inédito. 182 pp.
- HAYES, M.T. 2006. Parks, people and forest protection: An institutional assessment of the effectiveness of protected areas. *World Development* 34(12): 2064-2075.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2006. Segundo conteo de población y vivienda 2005: principales resultados por localidad. Disponible en (diciembre 2009):
<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/coesme/programas/programa2.asp?clave=008&s=est&c=10386>
- IUCN. 1998. Protected areas in the 21st. century: From islands to networks. Conference Report. Albany, Western Australia.
- PARMESAN, C., YOHE, G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: 37-42.
- PAZ, M.F, ARIZPE, L., VELÁZQUEZ, M. 1995. Manejo sustentable de los recursos forestales en América Latina. Memorias FAO. Seminario Latinoamericano 'Integrando el enfoque de género en el desarrollo forestal participativo', Cuenca, Ecuador, 2 al 6 de octubre de 1995.
- PÉREZ-NEGRÓN, E., CASAS, A. 2007. Use, extraction, rates and spatial availability of plant resources in the Tehuacán–Cuicatlán Valley, México: The case of Quiotepec, Oaxaca. *Journal of Arid Environments* 70: 356-379.
- PETERS, R.L., DARLING, J.D. 1985. The greenhouse effect and nature reserves. *BioScience* 35: 707-717.
- PINEDA-LÓPEZ M.R., SÁNCHEZ-VELÁSQUEZ, L.R., VÁZQUEZ-MORALES, S.G., LARA-GONZÁLEZ, R., GEREZ-FERNÁNDEZ, P. 2009. Una experiencia de trabajo comunitario con mujeres en el ejido de El Conejo del Parque Nacional Cofre de Perote a partir del aprovechamiento de recursos forestales maderables no tradicionales. III Simposio Ecología, Manejo y Conservación de Ecosistemas de Montaña en México. Disponible en: <http://www.uv.mx/inbioteca/inst/documents/9PB.pdf>

- REYES-GARCÍA, V., VALDEZ, V., BYRON, E., GODOY, R., APAZA, L., PÉREZ, E., HUANCA, T. 2004. El conocimiento etnobotánico de los Tsimane. *Investigación y Ciencia* 18: 46–54.
- ROJAS, M.H. 1999. Trabajando en conservación con base comunitaria y enfoque de género: una guía. Estudio de Caso N° 3. MERGE. Universidad de Florida. U.S.A.
- ROOT, T., PRICE, J.T., HALL, K.R., SCHNEIDER, S.H, ROSENZWEIG, C., POUNDS, J.A. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* 421: 57-60.
- SÁNCHEZ-VELÁSQUEZ, L.R., HERNÁNDEZ, G., CARRANZA, M., PINEDA LÓPEZ, M.R., CUEVAS, R., ARAGÓN, F. 2002. Estructura arbórea del bosque tropical caducifolio usado para la ganadería extensiva en el norte de la Sierra de Manantlán, México: Antagonismo de usos. *Polibotánica* 13: 25-46.
- SÁNCHEZ-VELÁSQUEZ, L.R., PINEDA-LÓPEZ, M.R., ZÚÑIGA, J.L. 2009. Uso sustentable de los bosques de montaña en Veracruz: la meta. En: *Estudio de la biodiversidad en el Estado de Veracruz*. CONABIO. 1019-1031.
- SEMARNAP (Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca). 1996. Programa de Áreas Naturales Protegidas de México. 1995-2000. 1ª Ed. 158 pp.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2009. Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Edición 2008.
- SIDDIQI, N. 1989. Women in forestry (Part II): NAFIP with a difference. Nepal–Australia Forestry Project (NAFP). Kathmandu, Nepal. Disponible en: <http://www.odifpeg.org.uk/publications/greyliterature/Gender/index.html>.
- SKUTSCH, M. 1986. Women's access in social forestry: a guide to literature. Disponible en: <http://www.odifpeg.org.uk/publications/greyliterature/Gender/index.html>
- SMITH, C.O. 2005. Valuation of commercial Central Himalayan medicinal plants. *Ambio* 34(8): 607-610.
- SOLIS, O.R. 2010. Caracterización del bosque de *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. et Cham en la comunidad El Conejo, Municipio de Perote, Veracruz. Tesis Licenciatura en Agronomía. Facultad de Agronomía. Universidad Veracruzana. México. 56 pp.
- TOLEDO, V.M., ORTIZ-ESPEJEL, B., CORTÉZ, L., MOGUEL, P., ORDOÑEZ, M.D.J. 2003. The multiple use of tropical forests by indigenous peoples

- in México: A case of adaptive management. *Conservation Ecology* 7(3): 9.
- UICN/CMPAP. 2000. Áreas Protegidas. Beneficios más allá de las fronteras. Gland, Suiza. 17 pp.
- ZIZUMBO-VILLARREAL, D., COLUNGA-GARCIAMARÍN, P. 1993. Tecnología agrícola tradicional, conservación de recursos naturales y desarrollo sustentable. En: Leff, E., Carabias, J. (Coord.). *Cultura y manejo sustentable de recursos naturales*. CIIH/UNAM-Miguel Ángel Porrúa, México. 165-202.
- ZORLU, P., LUTRELL, C. 2006. Más que bosques y mujeres: El debate sobre la cuestión del género en la silvicultura para el desarrollo rural. Overseas Development Institute, London. Disponible en: <http://www.odifpeg.org.uk/publications/greyliterature/Gender/index.html>

CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN CONJUNTA Y CONCLUSIONES

La pérdida de superficie en México, si bien ha sido muy importante para los bosques tropicales, no ha sido menos importante para los bosques templados (Ochoa y González, 2000; Trejo y Dirzo, 2000). Estos bosques, al igual que muchos otros, han estado generalmente asociados con diversos tipos de perturbaciones que han modificado su estructura y composición a partir del cambio en el uso de sus suelos, generando paisajes en los que cultivos, ganadería y deforestación representan las vías más comunes de transformación. Sin embargo, poco se sabe de manera cuantitativa acerca de dónde, cuándo, cuánto y por qué ocurren las modificaciones en el paisaje (Lambin, 1997).

La importancia de los bosques templados desde la perspectiva del cambio climático radica en los reservorios de carbono que contienen en los compartimentos de biomasa aérea y suelo. Así, se estima que almacenan 650 Pg¹⁹ de carbono en plantas y 2.300 Pg en suelo (Mendoza-Ponce y Galicia, 2010). Desde esa misma perspectiva del cambio climático, existe poca información a nivel regional sobre el impacto del cambio de uso del suelo en los almacenes de carbono, aunque sin embargo se estima que esos cambios representan un aporte al calentamiento global entre un 8 y un 44% (Cook *et al.*, 1990; Schimel, 1995).

Los datos sobre flujos de carbono a nivel regional relacionados con la dinámica del uso del suelo y emisiones de carbono son necesarios para determinar su papel en términos del balance general de emisiones de gases de invernadero (De Jong, 2001). Por esa razón, el estudio de las modificaciones en la biomasa forestal es necesario para estimar los contenidos de almacenes de carbono a futuro en los ecosistemas.

Para el Parque Nacional Cofre de Perote (PNCP) de Veracruz, México, la larga historia de explotación de los bosques de la región (Sosa, 1937; Gerez, 1982, 1983; Jardel, 1986; Gobierno del Estado de Veracruz *et al.*, 2008) ha creado paisajes como el del ejido El Conejo estudiado: bosques fragmentados, con arbolado residual altamente denso y suprimido, rodeado por áreas de cultivo con árboles aislados, zona urbana, matorral y suelo desnudo, como unidades de paisaje presentes.

La superficie de bosque del ejido El Conejo, a lo largo de 10 años (período 1995-2005), si bien no ha disminuido, no ha observado un importante incremento considerando que se encuentra dentro un Área Natural Protegida

¹⁹ Pg = Petagramo = 10¹⁵ g

(ANP). Teniendo en cuenta la premisa de que se mantuvieran las condiciones actuales, la mayor probabilidad de cambio que se puede esperar es, por un lado, que la superficie de bosque se mantenga, y por otra parte que el cambio ocurra de un uso dual de matorral-pastizal a matorral, ambos con un 92% de probabilidad de ocurrencia.

La estructura que hoy se encuentra en el bosque de *Abies religiosa* del ejido El Conejo se caracteriza por una alta densidad de arbolado joven (bosques secundarios) y una nula presencia de arbolado maduro. Esto coincide con lo encontrado por Mendoza-Ponce y Galicia (2010) y Montoya (2008) (citado por Mendoza-Ponce y Galicia, 2010), quienes además señalan para la montaña Cofre de Perote que los bosques templados maduros disminuyeron en un 17%, mientras que los bosques secundarios y la agricultura de temporal aumentaron en un 18 y un 11% respectivamente durante el período de 1970-2003.

Otro dato al respecto es lo reportado por Lara-González *et al.* (2009), quienes encontraron en el ejido El Conejo que el promedio de edad de claros en el dosel fue de $7,61 \pm 1,86$ años, valor que al compararlo con el mayor porcentaje de regeneración en los bosques del ejido (Solis, 2010) coincide con la categoría en edad y diámetro de 0 a 10 años para esos mismos bosques.

La cuantificación de biomasa en bosques se ha utilizado como una variable importante en la estimación del contenido de carbono de masas arbóreas (Lim, 1988; Brown *et al.*, 1989; Brown, 1997; Ordoñez *et al.*, 2001; Jaramillo *et al.*, 2003; Acosta-Mireles *et al.*, 2007; Avendaño *et al.*, 2009). La heterogeneidad en los contenidos de carbono encontrados en los rodales del bosque de *Abies religiosa* del ejido El Conejo muestra que las actividades de usos del suelo han estado dirigiendo la dinámica de la cobertura forestal, ya que se encuentran rodales altamente densos con 6.496 ind/ha (Rodal 11) con tan solo 55,80 ton/ha de C, que contrasta con el rodal 3 (1.008 ind/ha), en el que el contenido de carbono casi se triplica (153,55 ton/ha de C).

El valor obtenido de carbono en los bosques de *Abies religiosa* del ejido (171,79 ton/ha de C) se encuentra dentro del rango encontrado para bosques estudiados en la misma montaña del Cofre de Perote (35,79 y 172,72 Mg/ha²⁰), que incluye tanto bosques de la misma especie y bosques mixtos de *Abies religiosa* y *Pinus montezumae* (como los considerados en éste) entre otros, estimados a partir del uso de ecuaciones alométricas (Mendoza-Ponce y Galicia, 2010).

²⁰ Mg = Megagramos = Tonelada.

Por otro lado, considerando los bosques de *Abies religiosa* en otras partes de México, en los que se utilizó el mismo método propuesto por el IPCC (1994), los contenidos estimados en cada caso se encuentran muy por debajo de lo estimado para el ejido El Conejo: en Michoacán 57 ton/ha (Fragoso, 2003) y 28,5 ton/ha (Zamora, 2007), en el estado de México 57 ton/ha (García y Sánchez, 2009) y en la zona centro de México se estimaron 58 ton/ha (Almeida-Leñero *et al.*, 2007), aunque en este último no se usó el mismo método.

En este sentido, se puede decir que el potencial futuro de las reservas de carbono para los bosques del ejido es alto, considerando que los fragmentos están constituidos por arbolado joven, y que en función de sus tasas de crecimiento y la absorción de carbono contribuirán a formar un importante almacén, siempre y cuando se consideren opciones de manejo que permitan aumentar los reservorios (aclareos, interconectar los fragmentos, etc.).

Los bosques de *Abies religiosa* constituyen el límite altitudinal más extremo para organismos arbóreos del área montañosa en la zona central del estado de Veracruz. El carbono (C) determina la productividad de los seres vivos y su transformación es un indicador de la energía disponible.

El estudio sobre el balance de C desarrollado a través de un gradiente altitudinal evidenció en los límites inferior y superior el efecto que la densidad del arbolado tiene sobre el C y N (totales, nitrato y amonio), que disminuyen a una mayor densidad del arbolado, además de la influencia que la composición de especies puede tener, pues se ha reportado que especies de pinos pueden incrementar procesos de deposición atmosférica de N a través de la neblina (Ponette *et al.*, 2010). El efecto de la estacionalidad (seca o húmeda) influye en la transformación del carbono, encontrando que el mayor flujo de carbono a la atmósfera ocurre en la estación seca debido a la acumulación de materia orgánica durante la misma y, por lo tanto, por la existencia de mayor energía para la descomposición por microorganismos del suelo (Paul y Clark, 1998). En el ciclo del carbono la influencia de la altitud al parecer no es clara, pero sí existe una correlación sinérgica positiva entre la disponibilidad de nitrógeno en el suelo respecto a la transformación del carbono.

Bellon *et al.* (1993) (citado por Torres y Guevara, 2002) estimaron que en un período de 100 años los valores potenciales de captura de carbono en México podrían estar entre 40 a 130 ton/ha anualmente, considerando como una alternativa mantener una superficie potencial de 6 millones de hectáreas

bajo un esquema de conservación de Áreas Naturales Protegidas (ANP). Sin embargo, se sabe que las poblaciones de especies arbóreas altamente reducidas o fragmentadas son especialmente vulnerables en entornos cambiantes (McKay *et al.*, 2005), y como se ha visto los bosques de *Abies religiosa* del ejido estudiado son, en sí, solo fragmentos nulamente conectados.

De acuerdo a las proyecciones estimadas para México desde la perspectiva del cambio climático, se espera una reducción drástica en la distribución actual de coníferas (Trejo *et al.*, 2011) y un cambio o disminución en la distribución de los hábitats de varias especies de plantas endémicas y/o en peligro de extinción (Gómez-Mendoza y Arriaga, 2007).

Es decir, los bosques de *Abies religiosa* del ejido El Conejo no han incrementado de manera importante su superficie aun estando dentro de un ANP como lo es el PNCP, y por su condición de fragmentación y por estar en un límite altitudinal crítico a nivel de pico de montaña, es una especie vulnerable frente al cambio climático.

Se ha señalado ya que es necesario buscar alternativas o estrategias complementarias que promuevan la conservación de los recursos forestales, considerando el uso de los recursos naturales de una manera racional a fin de generar ingresos para la población rural (Mangel *et al.*, 1996; Liu y Taylor, 2002; Duran-Medina *et al.*, 2007). Dentro de este contexto, se ha indicado la necesidad de una perspectiva de género en torno a la gestión de los recursos naturales como una estrategia relevante, la cual implica no solo visualizar unilateralmente la participación, visión o perspectivas de las mujeres, sino integrar todo ello en estrategias a nivel local, regional y nacional en las acciones relacionadas con la conservación a nivel de las ANP (Agenda 21, 1992; Rojas, 1999; UICN, 1998; UICN, 2000; Aguilar *et al.*, 2002).

La experiencia de trabajo de las mujeres del ejido El Conejo se circunscribe dentro de esta premisa de perspectiva de género, y representa la oportunidad, a partir de la organización que actualmente tienen, de incursionar en nuevos retos para mejorar la calidad de vida y ambiental de su familia y comunidad. Sin embargo, esto podrá lograrse de manera más contundente si las políticas públicas en materia de conservación dentro del propio Parque Nacional integran esta experiencia y al propio Comité de mujeres en las acciones de gestión del parque a través del actual Programa de Manejo (2008).

El funcionamiento de las ANP como instrumentos de conservación de la biodiversidad ya ha sido cuestionado por su falta de efectividad (Hansen *et al.*, 1991; Velázquez *et al.*, 2001; Vanclay, 2001), aunque también hay quienes

consideran que es el mejor modelo para asegurar la conservación de la biodiversidad en el futuro (Bruner *et al.*, 2001). Sin embargo, el tema en particular de los Parques Nacionales, sobre todo en aquellos que fueron establecidos en territorio de comunidades que aún permanecen en ellos, la falta de definición de lo que se puede o no hacer y dónde, respecto al manejo de los recursos naturales, no han sido efectivos ni para la conservación de los recursos que deberían proteger y conservar, ni para mejorar la calidad de vida de quienes ahí aun viven.

Por todo lo anterior, se recomienda que dentro del Plan de Manejo del Parque Nacional Cofre de Perote, que actualmente se encuentra en revisión, se considere lo siguiente:

- a) Crear corredores de reforestación a través de la conectividad entre fragmentos del bosque, reforestando con plántulas que pueden ser extraídas del bosque natural.
- b) Enfocar los esfuerzos de la reforestación en áreas de matorrales, que tienen una alta probabilidad de aumentar la frontera del bosque en primera instancia, además de que representan un alto potencial como sumideros de carbono.
- c) Determinar la distribución potencial de la especie *Abies religiosa* frente a escenarios climáticos proyectados a futuro.
- d) Integrar la perspectiva de género en la conservación de los recursos naturales.

Finalmente, cabe señalar que es necesario hacer una revisión profunda de la legislación forestal en materia de los Parques Nacionales para México. No solo se debe reconocer la presencia de asentamientos humanos en este tipo de territorios, sino que es necesario ofrecerles alternativas que garanticen la conservación de los bosques, contribuyendo con ello a la mitigación del cambio climático.

5.1 Bibliografía

AGENDA 21. 1992. Disponible en (abril 2006):

<http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/spanish/agenda21sptoc.htm>

ACOSTA-MIRELES, M., VARGAS-HERNÁNDEZ, J., VELÁZQUEZ-MARTÍNEZ, E., ETCHEVERS-VARGAS, J. 2002. Estimación de la

- biomasa aérea mediante el uso de relaciones alométricas en seis especies arbóreas en Oaxaca, México. *Interciencia* 36(6): 725-736.
- AGUILAR, L., CASTAÑEDA, I., SALAZAR, H. 2002. En búsqueda del género perdido. *Equidad en áreas protegidas*. UICN, Editorial Absoluto. 219 pp.
- ALMEIDA-LEÑERO L., NAVA, M., RAMOS, A., ESPINOSA, M., ORDOÑEZ, M.J., JUJNOVSKY, J. 2007. Servicios ecosistémicos en la cuenca del río Magdalena, Distrito Federal, México. *Gaceta Ecológica* 84-85: 53-64.
- AVENDAÑO, H.D.M., ACOSTA, M.M., CARRILLO, A.F., ETCHEVERS, B.J.D. 2009. Estimación de biomasa y carbono en un bosque de *Abies religiosa*. *Fitotecnia Mexicana* 32(3): 233-238.
- BRUNER, A.G., GULLISON, R.E., RICE, R.E., DA FONSECA, G.A.B. 2001. Effectiveness of parks in protecting tropical biodiversity. *Science* 291: 125-128.
- BROWN, S., 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests. *FAO Forestry Paper* 134. 55 pp.
- BROWN, S., GILLESPIE, A., LUGO, A., 1989. Biomass estimation methods for tropical forest with applications to forest inventory data. *Forest Science* 35: 881-902.
- COOK, A.J., JANETOS, A.C., HINDS, W.T., 1990. Global effects of tropical deforestation: towards an integrated perspective. *Environmental conservation* 17: 201-212.
- DE JONG, B.H.J. 2001. Cambio de uso de suelo y flujos de carbono en los altos de Chiapas, México. *Simposio Internacional Medición y Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales*, 18-20 de octubre 2001. Valdivia. Chile.
- DURÁN-MEDINA, E., MAS, J.F., VELÁZQUEZ, A. 2007. Cambios en las coberturas de vegetación y usos del suelo en regiones con manejo forestal comunitario y áreas naturales protegidas de México. En: Bray, D.B., Merino, L., Barry, D. (Eds.). *Los bosques comunitarios de México: Manejo sustentable de paisajes forestales*. SEMARNAT. INE. CCMSS. Instituto de Geografía, UNAM Florida International Institute. 267-299.
- FRAGOSO, L.P.I. 2003. Estimación del contenido y captura de carbono en biomasa aérea del predio "Cerro Grande", municipio de Tancítaro Michoacán. Tesis. Ingeniero Agrónomo especialista en bosques. Facultad de Agrobiología Presidente Juárez. 66 pp.
- GARCÍA, A.V., SÁNCHEZ, L.D.L. 2009. Estimación de carbono contenido en el bosque bajo manejo forestal del Ejido de Tlalmanalco, Estado de México. Tesis. Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. Ingeniero

- en Restauración Forestal. Departamento de Suelos. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Chapingo. 103 pp.
- GEREZ, F., 1982. Historia del uso del suelo en la zona Semiárida Poblano-Veracruzana. Tesis Prof. Ciencias UNAM, México D.F. 68 pp.
- GEREZ, F. 1983. Crónica del uso de los recursos naturales en la cuenca Perote-Libres. En: Golberg, D. (Comp.). El Cofre de Perote. Investigaciones ecológicas en un área conflictiva. Cuadernos de divulgación 9. Instituto de Investigaciones sobre recursos bióticos. Xalapa, Veracruz. 11-16.
- GOBIERNO DEL ESTADO DE VERACRUZ, SEDARPA, UNIVERSIDAD VERACRUZANA, CONANP. 2008. Programa de conservación y manejo del Parque Nacional Cofre de Perote. Inédito. 182 pp.
- GÓMEZ-MENDOZA, L., ARRIAGA, L. 2007. Modeling the effect of climate change on the distribution of oak and pine species of Mexico. *Conservation Biology* 21: 1545-1555.
- HANSEN, A.J., SPIES, T.A., SWANSON, F.J., OMÁN, J.L. 1991. Conserving biodiversity in managed forests: Lessons from natural forests. *Bioscience* 41: 382-392.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 1994. Climate Change 1994. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press, Cambridge. 205 pp.
- JARAMILLO, V.J., BOONE, K.J., RENTERÍA-RODRIGUEZ, L., CUMMINS, D.L., ELLINGSON, L.J. 2003. Biomass, carbon and nitrogen pool in Mexican tropical dry landscapes. *Ecosystems* 6: 609-629.
- JARDEL, E.J. 1986. Efecto de la explotación forestal en la estructura y regeneración del bosque de coníferas de la vertiente oriental del Cofre de Perote, Veracruz, México. *Biótica* 11(4): 247-270.
- LAMBIN, E.F. 1997. Modelling and monitoring land-cover change processes in tropical regions. *Progress in physical geography* 21(3): 375-393.
- LARA-GONZÁLEZ, R., SÁNCHEZ-VELÁSQUEZ, L.R., CORRAL-AGUIRRE, J. 2009. Regeneration of *Abies religiosa* in canopy gaps versus understory, Cofre de Perote National Park, México. *Agrociencia* 43: 739-747.
- LIM, M.T. 1988. Studies on *Acacia mangium* in Kemasul, Malaysia. Biomass and productivity. *Journal of tropical ecology* 4: 293-302.
- LIU, J., TAYLOR, W. 2002. Integrating landscape ecology into natural resource management. Cambridge University Press. Cambridge. 480 pp.
- MANGEL, M., *et al* (45 coautores). 1996. Principles for the conservation of wild living resources. *Ecological Applications* 6 (2): 338-362.

- MENDOZA-PONCE, A., GALICIA, L. 2010. Aboveground and belowground biomass and carbon pools in highland temperate forest landscape in Central Mexico. Forestry, Advance access published October 25, 2010. 10 pp.
- OCHOA, S., GONZÁLEZ, M. 2000. Land-use and deforestation in the highlands of Chiapas. Appl. Geogr. 20: 17-42.
- ORDÓÑEZ DÍAZ, J.A.B., DE JONG, B.H.J., MASERA, O.R., 2001. Almacenamiento de carbono en un bosque de *Pinus pseudostrobus* en Nuevo San Juan Michoacán. Madera y Bosques 7(2): 27-47.
- ROJAS, M.H. 1999. Trabajando en conservación con base comunitaria y enfoque de género: una guía. Estudio de Caso N° 3. MERGE. Universidad de Florida. U.S.A.
- SCHIMMEL, D.S., 1995. Terrestrial ecosystems and the carbon cycle. Global change biology 1: 77-91.
- SOSA, H. 1937. El Parque Nacional "Nahuancantepetl" o Cofre de Perote. Bol. Departamento forestal de caza y pesca 2: 202-267.
- SOLÍS, O.R. 2010. Caracterización del bosque de *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. et Cham en la comunidad El Conejo, Municipio de Perote, Veracruz. Tesis Licenciatura en Agronomía. Facultad de Agronomía. Universidad Veracruzana. México. Veracruz. 56 pp.
- TORRES, R.J.M., GUEVARA, S.A. 2002. El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico. INE. SEMARNAT. Gaceta Ecológica 63: 40-59.
- TREJO, I., DIRZO, R. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. Biol. Cons. 94: 133-142.
- TREJO, I., MARTÍNEZ-MEYER, E., CALIXTO-PÉREZ, E., SÁNCHEZ-COLÓN, S., VÁZQUEZ DE LA TORRE, R., VILLERS-RUIZ, L. 2011. Analysis of the effects of climate change on plant communities and mammals in México. Atmósfera 24(1): 1-14.
- UICN/CMPAP. 2000. Áreas Protegidas. Beneficios más allá de las fronteras. Gland, Suiza. 17 pp.
- IUCN. 1998. Protected areas in the 21st. Century: From islands to networks. Conference Report. Albany, Western Australia.
- VANCLAY, J.K., BRUNER, A.G., GULLINSON, R.E., RICE, R.E., DA FONSECA, G.A.B. 2001. The effectiveness of Parks. Science 293(5532):1007p. en línea: <http://www.sciencemag.org/content/293/5532/1007.short>.
- VELÁZQUEZ, A., BOCCO, G., TORRES, A. 2001. Turning scientific approaches into practical conservation actions: The case of comunidad

indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, México. *Environmental Management* 5: 216-231.

ZAMORA, C.J.C. 2007. Estimación del contenido de carbono en biomasa aérea en el bosque de pino del ejido “La Majada”, Municipio de Periban de Ramos, Michoacán. Tesis Licenciatura Ingeniero Agrónomo. Especialidad en Bosques. Facultad de Agronomía. Facultad de Agrobiología Presidente Juárez. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 48 pp.

ANEXO 1

CUESTIONARIO MUJERES EJIDO EL CONEJO

Fecha: _____

Nombre encuestador: _____

DATOS GENERALES:

1. Nombre del entrevistado: _____

Edad: _____

2. Estado civil: Soltera () Casada () Viuda () Unión libre ()

3. ¿Cuántos hijos tienen? _____

4. N° personas que viven en su casa: _____

5. Tipo de casa: Madera () Block () Lamina ()

6. Servicios en casa: Agua () Luz () Gas () Drenaje ()

7. Aparatos en casa: TV () DVD () Audio Estereo ()

Refrigerador () Estufa () Microondas ()

8. Estudios: Primaria () Secundaria () Preparatoria ()

Otros _____

9. ¿Qué personas trabajan y mantienen los gastos de su casa?

10. ¿En qué trabaja y dónde trabaja?

Actividad principal de su familia ¿de qué viven?:	N° personas	Venta / Autoconsumo	Principales Productos	Épocas del año	Observaciones
Agricultura: Cultivos (Propio)					
Ganado: (raza _____) ?					
Forestal – extracción:					
Forestal – transformación de la madera:					
Artesanía:					
Comercio:					
Transporte :					
Prod. no maderables –					
• Hongos					
• Musgo, paxtle					
• Plantas medicinales					
• Plantas comestibles					
• Otra: _____					
Migración:			\$ enviado:		

INTERÉS EN LA ACTIVIDAD CORONAS:

11. ¿Cuánto dinero ha ganado por las coronas:

2006 _____ 2007 _____
2009 _____ 2010 _____

12. ¿En qué ha utilizado ese dinero?

Comida () Pago escuela () Medicinas/Médico () Ropa ()
Siembra () Materiales corona () Otro _____

13. ¿Le interesaría participar en una organización formal reconocida legalmente para la venta de coronas?

SI () NO ()

¿Por qué? _____

PROCESO DE ELABORACION DE CORONAS:

14. ¿Cómo se han organizado para la colecta de ramas en el monte?

	Corta	Transporte
¿Reparten árboles?:		
Por grupos		
Por individuos		
Otra forma ¿cuál?:		

15. ¿Quién le ha ayudado a la colecta de ramas y conos?

16. ¿Quién le ha ayudado a la elaboración de coronas?

17. ¿Se le ha hecho difícil la elaboración de coronas? _____ ¿Por qué? _____

18. ¿Cómo escoge el árbol para la corta de ramas?

19. ¿Cuánto gastó para elaborar y vender las coronas el año pasado?

Alambre o hilo: \$	Bolsas: \$
Gasolina: \$	Comida: \$
Otro ¿cuál?: \$	Otro ¿cuál?: \$

20. ¿Cuántas coronas vendió en cada año?:

2006: _____ 2007: _____ 2009: _____ 2010: _____